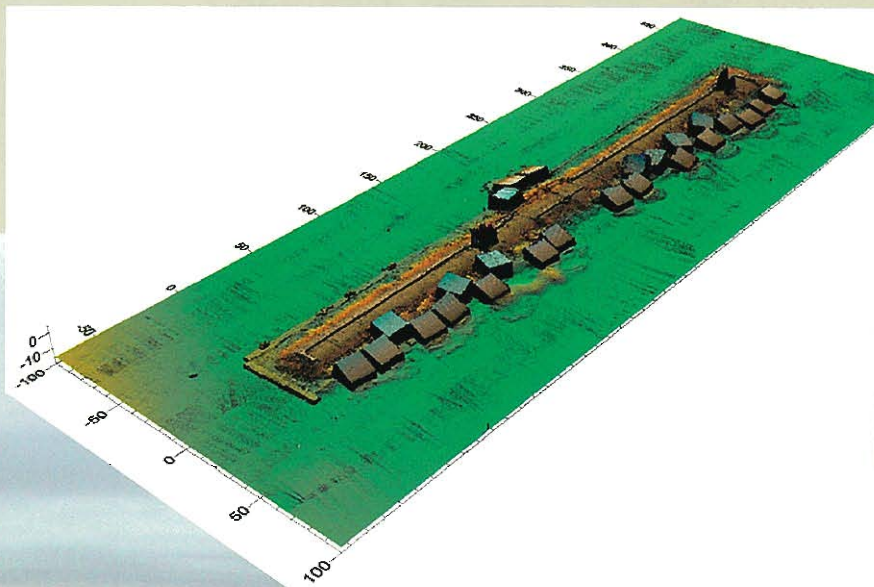


# 建設の施工企画 10

2006 OCTOBER No.680



災害復旧工事への対応  
測量船と鳥瞰図



## 情報化施工とIT



1

# 総合情報化施工管理システム「Beluga.Net」



⇨測量船



⇨被災した根固めブロック



⇨NO.5 ケーソン砕岩状況



⇨ケーソンの砕岩作業



⇨ケーソンの撤去作業



⇨バージ船積込状況(砕岩したケーソン)



# 圃場整備と営農におけるレーザー機器及びGPSの利用



⇩ 畦畔造成における天端の均平化



⇩ 圃場整備における整地均平作業



⇩ レーザー制御による圃場面の均平化・着装型レーザーレベラー



⇩ GPS制御による圃場面の均平化



⇩ レーザー制御による圃場面の均平化・牽引型レーザーレベラー



⇩ 新しい暗渠排水工法（ベスト・ドレーン）



⇩ GPSを利用した無人田植機

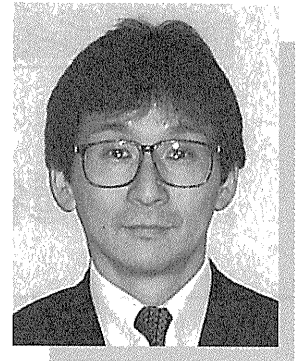


⇩ GPSを利用した大豆収穫時の収量把握



**巻頭言****情報化施工とIT**

建山和由



永禄3年(1560年)、2万5千といわれる大軍を引き連れて尾張に侵攻した駿河の今川義元に対し、尾張の織田信長が10分の1程度とも言われる軍勢で本陣を強襲し、義元を討ち取って今川軍を壊走させた。歴史上最も華々しい逆転劇と言われた桶狭間の戦いである。この戦については、多くの逸話が残されているが、論功行賞もその一つである。この戦の論功行賞では、信長は義元の首を取った毛利新助ではなく、今川軍の位置を信長に知らせた築田政綱を勲功第一としたと伝えられている。信長が情報の重要性をよく認識していたことをうかがわせてくれる逸話である。

情報化施工という視点から、この話で注目したいことが2点ある。1点目は、「情報の収集・伝達機能」と「得られた情報の有効利用」という二つの機能がうまく連携したと言うことである。今川軍が桶狭間に駐屯しているという情報を入手し、それをすぐさま信長に伝えることができなかつたら、信長は行動を起こすことができなかつたであろうし、また、情報が伝えられても信長がそれを聞き流していたら、彼は歴史に名を残していなかつたかもしれない。

この議論は、現在の情報化施工にもそのまま当てはまる。情報化施工でも、質の良い情報を効率的に収集するとともに得られた情報を技術者の判断に有効に利用する必要がある。この両方の機能が連携して働けば、より安全に質の高い工事を経済的に行うことが可能になり、逆に、どちらか一方でも欠けると情報化施工の効果は発揮されない。この視点から最近の情報化施工を概観すると、ITの急激な進歩とともに情報を集める技術は目覚ましい進歩を遂げたものの、得られた情報の活用法については活発な議論がなされているとはいえない。これは、インフラストラクチャが整備されるとともに、建設施工のための仕方書やマニュアルの整備が進み、建設工事において技術者が工事に関する情報に基づいて判断するという場面が少なくなり、結果として情報の必要性が認識されなくなつたためと考えられる。しかしながら、日本のインフラストラクチャも建設から維持管理の時代に移り、個々の現場毎に劣

化状況を把握し、それに応じた工事を行うことが求められるようになり、また、建設コストや環境負荷低減など建設に関わる新しい課題に対応していくためには、マニュアルから逸脱して新しい技術の導入を積極的に進めていくことが求められる。この場合、技術者は、工事に関わる質の良い情報を効率よく集め、それに基づいて的確な判断を下していかなければならない。情報の利用による施工の改善が今後、議論されるようになることを期待している。

桶狭間の逸話で注目したいもう1点は、信長が情報の価値を高く評価して、それに対して恩賞を与えたという点である。勝ち取った御首級の数で戦功を競っていた時代であつて、形すらない情報の意義を認めて、かつそれを使うことができたことから、信長の先進性をうかがい知ることができる。この視点から現在の情報化施工を見ると、残念ながら信長の域にまでは達していないようである。情報化施工では、ITを駆使して多種多様な情報を迅速に収集することができるが、そのための費用が発生する。残念ながらこの点が障壁になって情報化施工が進まないという現実がある。コスト削減が追求されるがあまり、ITツールへの投資も滞りがちのようであるが、これは、情報の価値がまだ認められていないことに起因している。ITツールを導入することで一時的に初期投資が増えても、そこから得られる情報を利用して工事の安全性、構造物の品質を向上させ、投入する資材やエネルギーの最適化によりコストと環境負荷を削減することができれば、初期投資以上の利益を得ることも可能になる。この考え方を浸透させていくことが必要と考えている。

21世紀の建設施工は、安全性、経済性、効率、環境への影響の改善に向けて、今よりも一段高い技術を目指していくべきであり、その際、情報化施工は有力な道具になることが期待される。情報化施工においても信長の先進性を見習いたいものである。



# 国土交通省における情報化施工の取組み

石塚 廣史

情報化技術を建設生産に適用し、施工に関する情報の効率的な利用により、施工の効率性、安全性、品質の確保、省力化、環境保全等に関する施工の合理化を図る情報化施工について、国土交通省の現在の取組みを紹介する。

施工データをリアルタイムに計測、記録することにより、施工管理の省力化や施工の自動化による生産性の向上ばかりでなく、また、発注者の監督・検査体制の強化、効率化など、その効果が期待されている。

キーワード：情報化施工、舗装工、出来形管理、機械施工、品確法

## 1. はじめに

建設産業は、

- ①単品受注生産
- ②屋外での現地作業
- ③工程毎の分業生産

等、他の産業に比べて大きく異なる特性を有している。

これらの特性を踏まえつつ、建設分野ではこれまで様々な生産性向上に向けた取組みがなされてきた。その一つに人力作業から機械化施工へ、さらに機械化施工の高度化への発展があげられる。建設投資の低迷や熟練作業者の減少等建設産業を取巻く環境の大きな変化や、「公共工事の品質確保の促進に関する法律（品確法）」による公共工事における品質の確保が求められる今日、更なる生産性や安全性の向上、品質の確保、発注者の監督・検査体制の充実、環境負荷低減に対する緊急の取組みが求められている。

## 2. 情報化施工の取組み

情報化施工とは、情報化技術を建設生産に適用するもので、施工に関する情報の効率的な利用により、施工の効率性、安全性、品質の確保、省力化、環境保全等に関する施工の合理化を図る生産システムを指す。フィールドデータをリアルタイムに計測・記録し、施工管理の省力化や施工の自動化による生産性の向上などの効果が期待される。

これまでの取組みとしては、盛土における締固め管理において、従来の砂置換法やRI計による測定に加

え情報化技術の利用を可能にした第3の手法として平成15年12月に「TS・GPSを用いた盛土の締固め情報化施工管理要領（案）」を作成している。

現在は、

- ①舗装工への情報化施工の適応展開
  - ②情報化施工技術を用いた出来形管理
  - ③機械施工でのデータ交換技術の検討
- を中心に取組んでいる。以下にその概要を示す。

### （1）舗装工への情報化施工の適応展開

アスファルト舗装工における施工及び施工管理の合理化を主目的として、3次元の設計情報と計測技術および自動化技術を利用した情報化施工およびこの情報化施工に対応した施工管理手法の検討に取組んでいる。対象は舗装工の路盤、基層、表層の敷均しと締固めである。ポイントは以下のとおりである（図-1）。

#### ①路盤敷均しと整形

- ・3次元の設計情報を利用し、モータグレーダのブレード高さや勾配を制御

これにより、丁張りの簡略化、施工精度の向上、施工の効率化を図ることが可能となる。

#### ②路盤、基層、表層の締固めと施工管理

- ・締固め回数による面的な品質管理
- ・TSによる3次元測量データを利用した出来形管理（高さ、厚さ、幅、長さ）

これらにより、面的管理による施工品質の確保、及び現行の破壊検査（掘起こし、コア抜き等）による施工管理の省略化を図ることが可能となる。

平成17年度は、2現場において現行手法と比較した試行工事を実施しており、その結果を整理し、施工



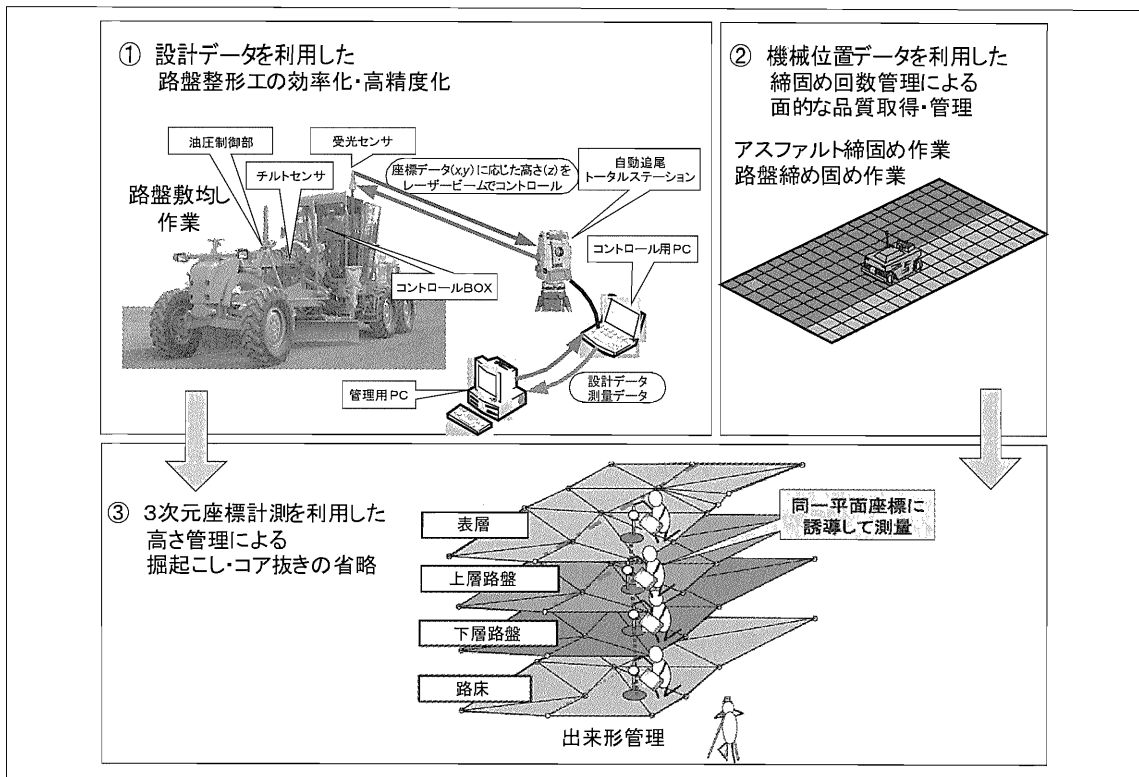


図-1 舗装工の情報化施工システム

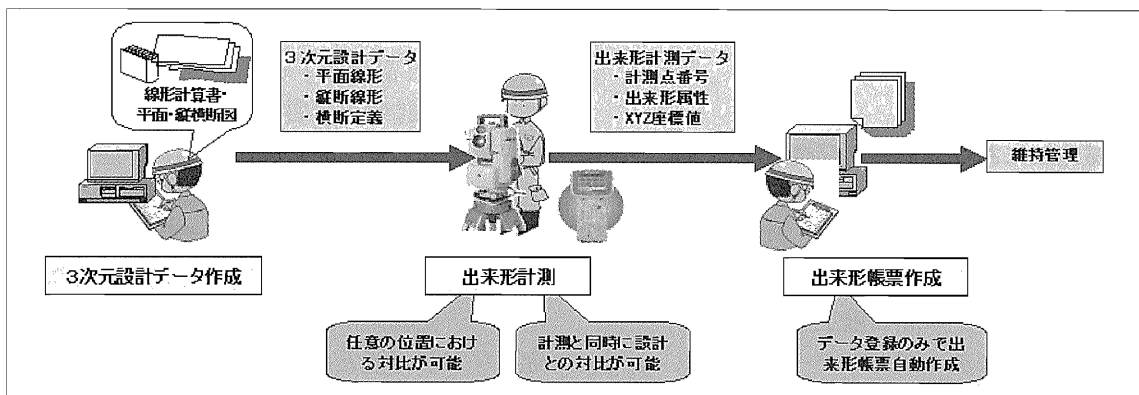


図-2 情報化技術を用いた出来形管理の流れ

管理要領策定に向けた検討を進めている。

(2) 情報化施工技術を用いた出来形管理

道路土工における施工管理，監督検査の効率化，高度化を目的として，情報化技術を活用した新たな出来形管理要領の検討を行っている。現行の出来形管理は，巻尺，レベルによる長さ，高さの計測であるが，新しい手法は出来形管理に必要な設計情報と出来形情報を3次元データ化し，TSで出来形の3次元座標データを取得し，パソコンとソフトウェアを用いて施工管理を行うものである（図-2）。

この3次元座標データは，施工管理，監督検査に使用するだけでなく，後工程の工事・維持管理への活用が期待できる。

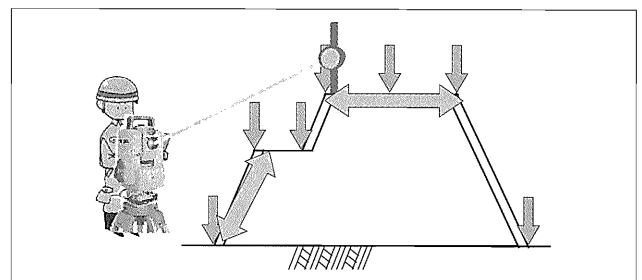


図-3 出来形計測方法

出来形計測方法を図-3に示す。新手法も基本的には現行と同様に，法長や道路幅，小段幅の長さを計測した2点間の距離から求める。また，高さは，法長の端点及び道路中心線から測定して求める。

TSによる計測は巻尺，レベルより作業効率が高い



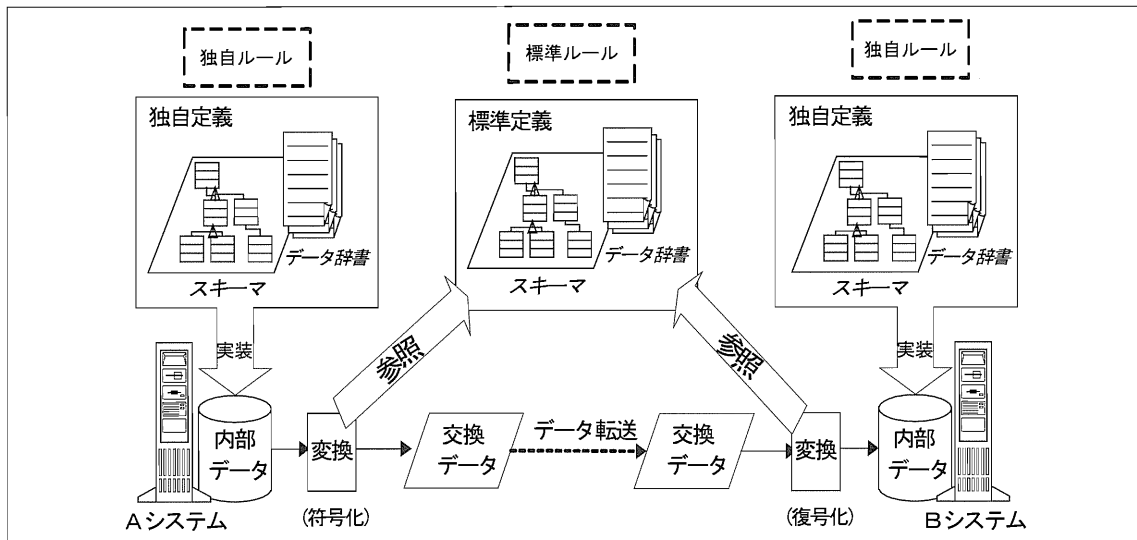


図-4 データ交換標準の適応イメージ

ため、従来手法と同じ作業工数で、より多くの箇所数を計測できる。計測箇所は、従来型と同様に管理測点での計測を基本としているが、計測精度向上のために任意測点でも計測できる。

平成17年度は、全国6箇所従来の巻尺、レベルを用いた現行手法と比較した試行工事を実施しており、その結果を整理し、出来形管理要領策定に向けた検討を進めている。

### (3) 機械施工におけるデータ交換技術の検討

ITの進展により、情報化施工の開発導入事例が見られるようになってきた。しかし、これまで施工現場に導入された情報化施工システムは、各社各様に開発されているため、システム間の施工情報の交換や共有は容易ではない。システム間でのデータ交換は、システムの数に応じた変換が必要で非常に煩雑である。そこで、標準ルールを定め、それに準拠したデータ交換方法（データ交換標準）を準備しておけば、システム間のデータ交換が容易となる（図-4）。

このため機械施工で扱う情報の標準化に取り組んでおり、試行工事において、データ交換標準を参照して変換したデータを別システムに用いて同じ内容のデータとして共有可能であることの確認を行っている。また、ISO化に向けた取組みも行っている。

## 3. 今後の取組み

今後の取組みとしては、舗装工への情報化施工の適

応展開及び情報化施工技術を用いた出来形管理について、平成17年度の試行工事結果を踏まえて要領の精査を行っており、平成18年度もさらに試行工事を行って年度内の管理要領策定を目指しているところである。また、他工種への展開、情報化施工に対応した施工管理要領等の整備や普及、施工情報の標準化を進めている。

さらに、「品確法」の制定や耐震偽装事件に端を発する公共構造物の品質確保への関心の高まりから、公共工事の入札競争激化による品質の悪化や粗雑工事発生のリスクの増大といった課題に緊急に対応する必要がある。情報化施工を適用した場合の特徴の一つとして、施工時のデータの連続した記録の取得を行うことにより、完成後における施工状況の再現や施工履歴の確認などが可能となる。そのことから、品質の確保・向上、ならびに発注者の監督・検査体制の強化や効率化を図るため、工事現場へ適用可能なITについての検討を進めるとともに、情報化施工技術の建設施工への活用の推進を図っていくこととしている。

J C M A

#### 【筆者紹介】

石塚 廣史（いしづか ひろし）  
国土交通省  
総合政策局  
建設施工企画課  
課長補佐





# トータルステーションを用いた道路土工 出来形管理の実現

田中 洋一・上坂 克巳・金澤 文彦

国土技術政策総合研究所では情報化施工推進のため情報技術を活用した新たな管理基準として「施工管理情報を搭載したトータルステーションによる出来形管理要領（試行案）」（道路土工編）を策定した。トータルステーションによる道路土工出来形管理の平成19年度本格運用に向けて様々な取組みを進めており、本報文では平成18年度現場試行に向けた準備状況について報告する。

キーワード：トータルステーション、出来形管理、道路土工、情報モデル、現場試行

## 1. はじめに

国土技術政策総合研究所（以下、国総研）では情報化施工推進のため情報技術を活用した新たな管理基準として「施工管理情報を搭載したトータルステーションによる出来形管理要領（試行案）」（道路土工編）（以下、出来形管理要領）を策定した。

出来形管理要領は、使用する測定器に「施工管理情報を搭載したトータルステーション（以下、TS）」を採用し、現行の巻尺、レベルに代わって出来形計測を3次元座標値で計測して施工管理、監督検査に用いることを可能としている。

これにより、現場においてTS画面上で計測対象物の出来形形状と設計形状との差異を把握することが可能となり、また取得した3次元座標値から出来形帳票や出来形図をソフトウェアにより自動作成をすることができるようになる。

## 2. これまでの実施内容

平成17年度は、一般施工現場における導入を目指し、基本設計情報を搭載したTSによる出来形管理と従来の巻尺、レベルによる出来形管理の二重管理による試行を全国6現場において実施した<sup>1)</sup>。図-1にTSによる出来形管理の流れを示す。

試行においては、基本設計情報の作成、現地での基本設計情報と出来形計測結果の比較、出来形管理帳票の自動作成という一連の手順についての効果や測定精度について検証を行った。平成18年度は、これまでの成果をもとにTSによる出来形管理機能を多くの測量機器に実装するため、測量機器業界に開発を依頼した。そして、平成19年度からのTSによる出来形管理の本格運用に向けて、開発された測量機器による平成18年度試行実施の準備を進めている。

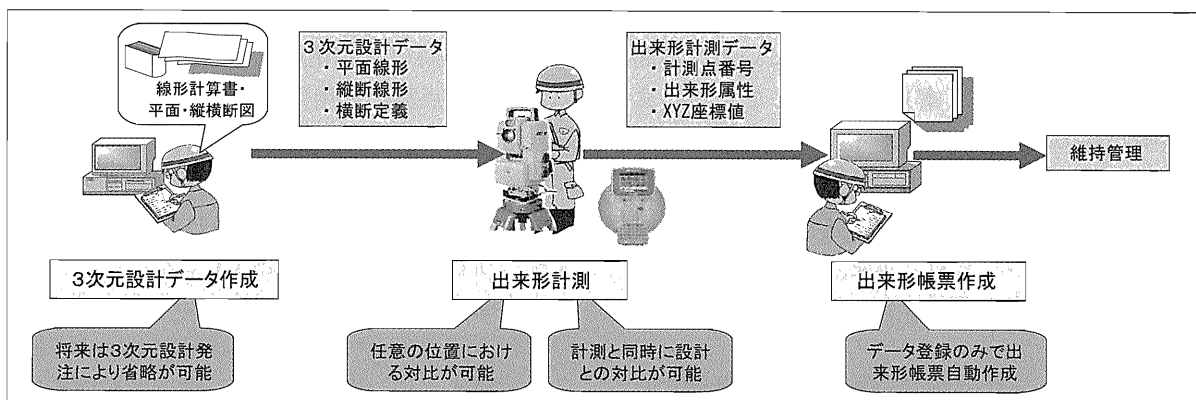


図-1 TSによる出来形管理の流れ



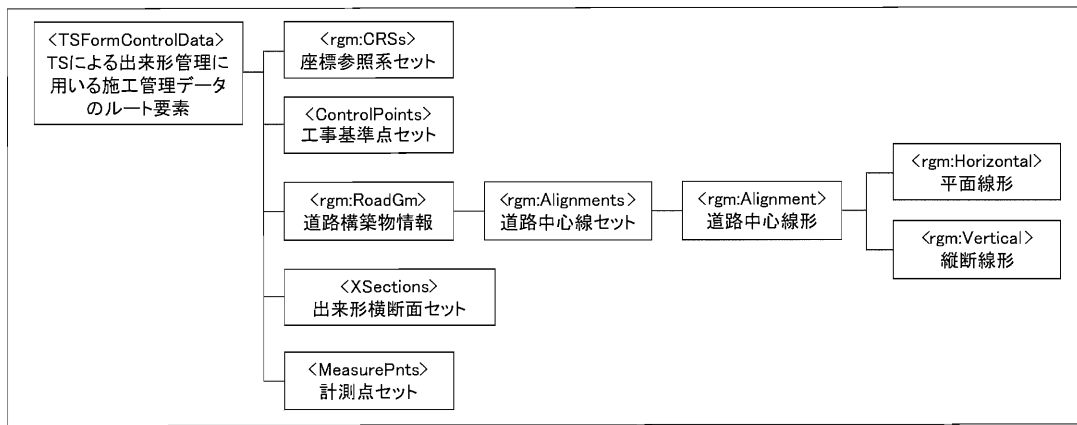


図-2 データ交換標準の全体構成図

### 3. 平成 18 年度試行に向けた準備

#### (1) データ交換標準の作成

平成 17 年度試行では、LandXML<sup>2)</sup>を基本設計情報および出来形計測データ交換の情報モデルとして利用していた。しかし、LandXMLにある情報項目だけでは出来形の施工管理で利用するには十分とはいえず、「TS による出来形管理に用いる施工管理データ交換標準（案）」（以下、データ交換標準）を作成した。

データ交換標準は、TS による出来形管理における施工管理情報（基本設計情報および出来形計測情報）について整理し、用いるデータの仕様を定めたものである。

図-2 にデータ交換標準の全体構成図を示す。データ内容は、

- ・座標参照セット
- ・工事基準点セット
- ・道路構築物情報
- ・出来形横断面セット
- ・計測点セット

から構成される。

道路構築物情報である道路中心線セットは、(財)日本建設情報センターにより運営されている CAD データ交換標準小委員会が標準化作業を行っている「道路中心線形データ交換標準（案）」<sup>3)</sup>を参照している。また、道路中心線の標準化作業は、国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2005 における目標-5「3 次元情報の利用を促進する要領整備による設計・施工管理の高度化」に位置づけられた取組みでもある。データ交換標準は、これらと連携することを念頭に置いて作成されている。

出来形横断面セットの定義は、測量機器に受渡すために道路土工の出来形管理に必要な情報項目だけとし

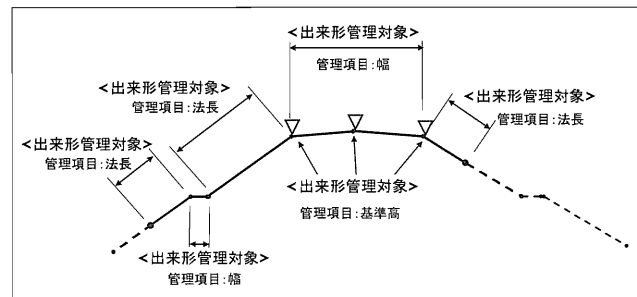


図-3 出来形横断面図の情報項目

ている。

図-3 に出来形横断面図の情報項目を示す。測量機器と交換する情報モデルは、このようにして作成された。

#### (2) 出来形管理要領、監督・検査マニュアルの修正

平成 17 年度は、基本設計情報を搭載した TS による出来形計測方法を決定した。

出来形計測方法は、道路中心線からの離れ距離と比高差から現行と同様の法長、小段幅の長さ、高さを計算し、設計値、実測値の差を現地で確認する。平成 18 年度試行のための出来形管理要領は、基本的な項目については変更していない。

そして、平成 17 年度試行結果と後方交會法などによる測定時の計測精度検証<sup>4)</sup>結果を基に後方交會法による機械点算出利用条件、機器の利用方法、既知点設置方法、出来形の計測箇所、電子納品方法について、出来形管理要領と「トータルステーションを用いた出来形管理実施時の監督・検査マニュアル（案）」（以下、監督・検査マニュアル）を修正した。

後方交會法による機械点算出の利用条件は、100 m 以内の既知点で 2 つの既知点狭角が 30～150 度であることが望ましい。これにより、機器の精度誤差に加えて人為的な誤差を含めても 30 mm 程度以内の誤差で

測定することが可能となる。また、標高の計測についても、100 m 以内の計測とすることで±5 mm 程度の誤差で計測できる。

機器の利用に際しては、TS 設置時に気泡を十分に確認し、水平に設置することが重要である。また、TS の設置誤差以上に反射プリズムの傾きや揺れが誤差の大きな要因であり、要領では、反射プリズムの設置方法を明確にした。

既知点の設置時には、国土交通省公共測量作業規定に準じた基準点の設置を行うことが重要である。基準点は、後方交会法で設置しないようにする必要がある。出来形管理時には、測量作業規定に準じた基準点を利用することが前提である。

計測頻度は、従来の出来形管理基準では、40 m に 1 箇所としている。そのため、20 m 毎の断面でどの断面を検査として実施するかを規定しているわけではないが、現在は契約図書で提示されている 20 m 毎の断面すべてで管理を行っている。

出来形管理の頻度設定は、現行の管理実態を反映した頻度であり、出来形管理要領による出来形評価の対象として 20 m 毎の断面とした。また、計測効率を考慮して、管理断面近傍 50 cm を計測点として認めることとしていた。このため、計測値を管理断面上へ移動する補正計算を行い補正後の 2 点間距離を法長、道路幅として測定していた。

しかし、精度検証の結果、2 点間距離でも問題なく、加えて現場で理解を得られなかったことから計測した 2 点間距離を法長、道路幅とするようにした。

電子納品方法を、実際の電子納品として納めてもらうように、本運用に向けて明確にした。

### (3) 開発要求仕様の提示

平成 17 年度試行の結果から、TS による出来形管理を行うために必要な条件をハードウェア内容とソフトウェア内容として整理し、測量機器業界で開発を行えるように「出来形管理用トータルステーション機能要求仕様書(案)」(以下、要求仕様書)としてとりまとめた。

図-4 に開発領域を示した概念図を示す。要求仕様書で定める開発領域は、ハードウェア要件とソフトウェア要件とからなる。

#### (a) ハードウェア要件

ハードウェア要件は、TS および TS に接続するハードウェアを対象としている。

#### (b) ソフトウェア要件

ソフトウェア要件は、TS に接続するハードウェア

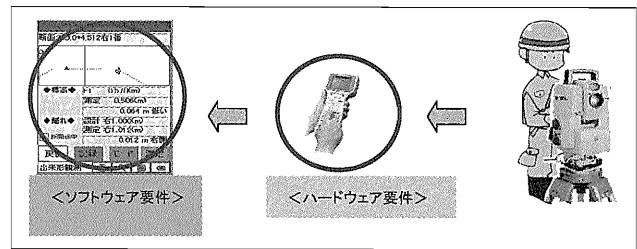


図-4 開発領域を示した概念図

が有する機能を示したものである。

- ・施工管理データの読み込み機能
- ・線形データの切替え選択機能
- ・基本設計データの確認機能
- ・任意点での出来形確認機能
- ・丁張り設置支援機能
- ・管理断面での出来形管理機能
- ・出来形計測データの登録機能
- ・出来形計測データの取得漏れ確認機能
- ・監督検査現場立会い確認機能
- ・施工管理データの書出し機能

ソフトウェア要件に示す機能は、平成 17 年度試行の結果から TS による出来形管理を実施するために最低限の必要な機能である。詳しくは、要求仕様書に記載してあるので参照して頂きたい。国土技術政策総合研究所 HP (<http://www.gis.nilim.go.jp/jouho/index.html>) から入手可能である。そして、作成したデータ交換標準、出来形管理要領、そして要求仕様書を提示して測量機器業界へ開発依頼を行った。

国総研では、平成 18 年度試行を行うまでに開発された TS 用出来形管理ソフトの確認試験を実施する。実施内容は、以下の 3 項目を予定している。

#### ・第 1 項目

要求仕様書内容について照査する。要求仕様書(案)に記載されている項目の主にハードウェア要件を、取扱説明書、性能証明書等で確認する。

#### ・第 2 項目

サンプルデータによる入出力確認をする。基本設計情報作成プログラムにて作成した評価用基本設計情報を読み込み、ソフトでの取込み、画面表示等を確認する。また、出来形計測データ手入力機能がある場合、出来形計測データを手入力して、各種変換・表示機能を確認する。

#### ・第 3 項目

模擬道路および試験場での模擬試験を実施する。模擬道路において、出来形管理要領に沿って、丁張り設置、出来形計測、監督・検査を実施して、要求仕様書の機能を確認、処理された測定値精度について確認を



する。また、試験場においては、後方交会法の測定精度についても確認する。

開発された TS 用出来形管理ソフトは、確実に確認してから試行現場へ持込むようにする予定である。

#### (4) サポートソフトウェアについて

平成 17 年度試行では、国総研がサポートソフトウェアとして、基本設計情報作成プログラムと出来形管理帳票作成プログラムの提供を行っていた。

基本設計情報作成プログラムは、情報モデルとしてデータ交換標準に則った基本設計情報を作成することができる。

出来形管理帳票作成プログラムは、TS で計測した出来形計測データを受取り、帳票を自動作成することができる。

平成 18 年度試行では、基本設計情報作成と出来形管理帳票作成の機能を一つのプログラムで実行できるようにサポートソフトウェアの改良をする。

図-5 にサポートソフトウェアの操作画面例を示す。また、機能面としても、以下の 7 項目について追加・改良を行う。

- ①設計形状の定義において、幅員構成の中心（幅員中心）と平面線形（CL）位置が異なる位置に定義できるようにする。
- ②計画高（FH）位置と平面線形（CL）位置が異なる場合について、FH 位置を CL 位置から定義できるようにする。
- ③地山交点（設計と地形との接点）位置入力を決めるために、横断地形情報（SIMA 形式）を読み込み、自動設定できるようにする。
- ④法面要素について、法長と勾配で形状を定義できるようにする。
- ⑤管理断面に適用する標準横断や寸法値を、横断面を

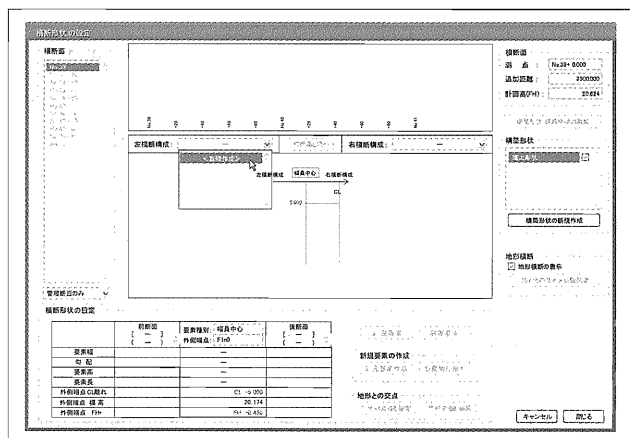


図-5 サポートソフトウェアの操作画面例

基にした入力により確認・変更ができるようにする。

⑥設計形状を、設計図と比較できるように、横断図数値データを入れたものを CAD データ（SXF 形式など）で出力する。

⑦工事の設計情報の変更を、変更履歴として管理を行えるようにする。

サポートソフトウェアも国総研 HP から入手することができる。

## 4. 平成 18 年度試行の実施

平成 18 年度試行の目的は、TS による出来形管理要領により、従来の巻尺、レベルに代わり TS のみで道路土工の出来形管理を行い、道路土工の適正な品質の確保ならびに施工管理や監督、検査の効率化について確認することである。

試行現場は、工期、施工規模、工事内容を条件にして選定を行った。

工期は、原則として平成 18 年度までに完了する工事としている。また、11 月以降に、請負業者による丁張り・出来形管理、監督職員による段階確認、検査職員による完了検査が実施できる現場としている。

施工規模は、工事全体の契約金額が、原則 5,000 万円以上の新規契約工事を対象としている。

工事内容は、新設の盛土工事または切土工事としている。

今回は、TS による丁張り作業の実施と TS だけによる道路土工の出来形管理を義務づけて現場選定をしている。

試行現場における実施内容は、設計情報作成プログラムを用いて、設計図書から基本設計情報を作成する（設計変更があった場合も同様に行う）。そして、TS へ基本設計情報を搭載し、TS を用いて丁張り作業や出来形計測を行う。

また、管理断面における出来形計測点を TS で計測し、法長、小段幅等の管理項目を現地で確認・記録し、出来形帳票作成ソフトで出来形管理帳票を作成する。最後に、監督職員および検査官の行う出来形の確認・検査を行い、成果品を提出する。

図-6 に試行現場における施工管理情報の交換に関する概念図を示す。図-6 における役割分担を説明する。

工事請負者は、出来形管理要領に基づき、基本設計情報の作成を行い、測量機器により丁張りや出来形管理を実施し、計測点データから帳票作成をし、最終的には電子納品データを納品する。監督職員、検査職員

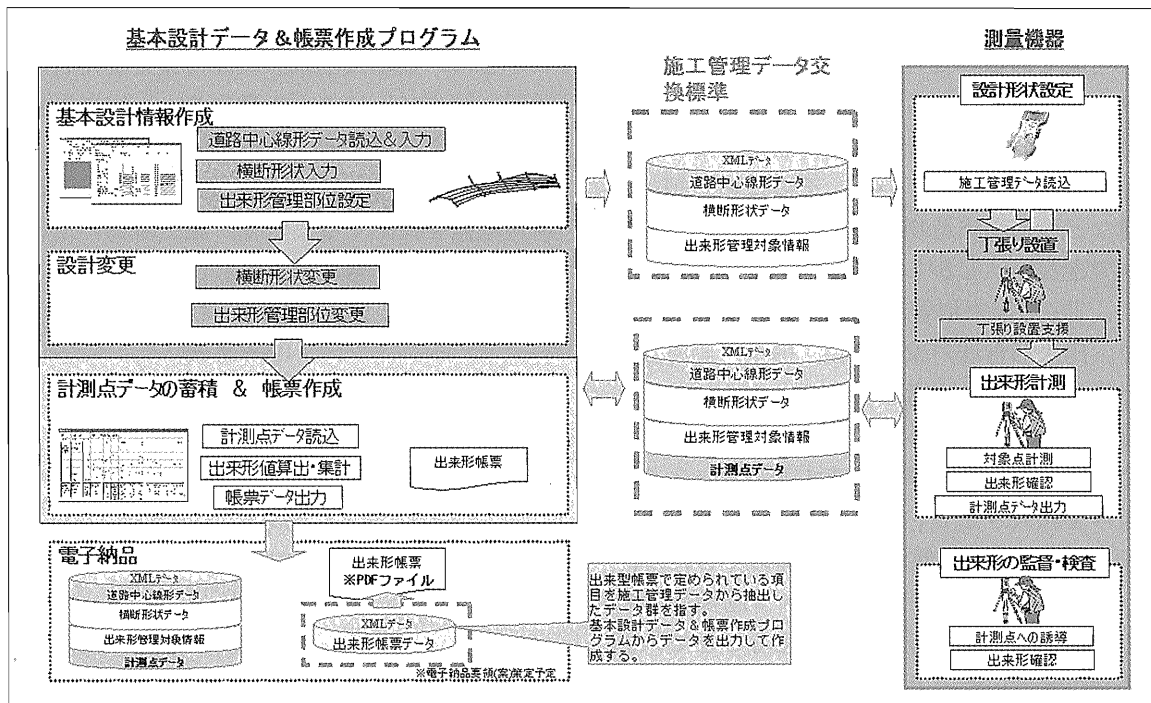


図-6 試行現場における施工管理情報の交換

は、監督・検査マニュアルに基づき監督検査を行い、現地にて任意に選んだ管理断面について出来形形状が規格値内に収まっていることを確認する。また、出来形形状が出来形帳票に記載された出来形値と同一であることを確認する。

国総研は、必要な出来形管理要領やデータ交換標準の作成およびサポートソフトウェアを開発・提供する。TS用出来形管理ソフト開発者は、TS用出来形管理ソフトの開発と試行現場におけるソフトウェアのサポートを行う。

### 5. 今後の取組みについて

TSによる道路土工出来形管理プロジェクトは、平成19年度から本格運用することで終了する。今まで行ってきた取組みを整理すると図-7のようになり、TSを中心においたITにおけるプラットフォーム(情報基盤)を構築することができたと考えている。

図-7にTSを中心とした施工管理基盤の例を示す。国総研としては、このような情報基盤を構築するときには、データ基盤としての情報モデルの構築と標準化の作業が重要であると考えている。しかし、データ基盤としては、情報モデルの標準化だけではなく、情報モデルを使うための明確な開発要求を開発する業界(今回は測量機器業界)へ投げかけることも重要である。

また、開発したハード基盤を使う建設業界にも同様

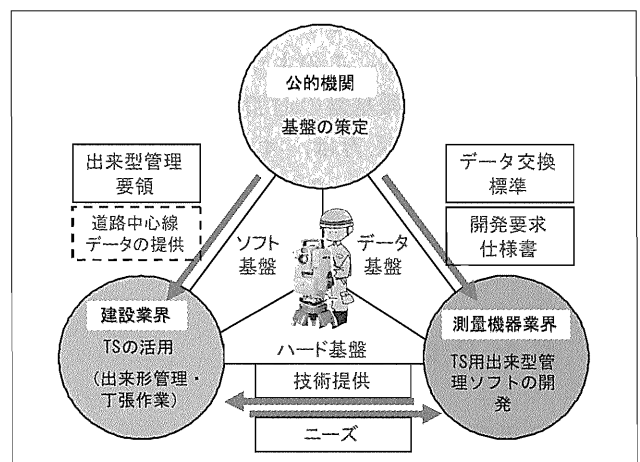


図-7 TSを中心とした施工管理基盤の例

に、ソフト基盤としての施工管理を行う要領・基準を示し、ハード基盤を利用してもらう環境を構築する必要がある。

TSを中心とした施工管理基盤は、データ基盤としてのデータ交換標準と要求仕様書、ソフト基盤としての出来形管理要領の提示により、情報基盤としての具体例を示すことができた。さらに、ハード基盤として開発したTSを現場で利用することで測量業界からの技術の提供と平成18年度試行現場から施工者ニーズの交換が行われることを期待している。

平成18年度試行で施工者は、TSを利用することにより、丁張り作業、出来形計測、出来形帳票作成といった施工管理の効率化を実感するであろう。しかし、確実に現場に利用されるためには、検査評点の加点な



どによる TS 出来形管理の導入インセンティブを与えることが不可欠である。これは、今後の国土交通省の施策における支援に期待するところである。

現時点では TS を中心とした情報基盤は、情報モデルを道路土工のみに限定している。そのため、舗装、擁壁、側溝などの道路構造物において、出来形管理を行うことができない。しかし、道路構造物の情報モデルを追加し、TS 用出来形管理ソフトをアップデートすることで、出来形管理対象が舗装、擁壁、側溝などの道路構造物に拡大すると考えている。さらに、土工という情報モデルを河川や砂防の土工といった対象に展開させて、データ交換標準を作成することにより、今後の取組みを拡大させていきたいと考えている。

TS を中心とした情報基盤の整備を進めてきたが、GPS、レーザスキャナ、デジタルカメラ画像等の特性が違う IT 機器にハード基盤を置換えることで、同様の情報基盤が開発可能であると考えている。その場合は、TS の時と同様に情報基盤におけるソフト基盤、データ基盤を再構築する必要がある。しかし、出来形管理に必要な要件や機能を示すことで、開発や現場導入が可能と考えている。このように、出来形管理という目的を達成する情報基盤の追加構築も考えている。さらに情報基盤の考え方は、オブジェクト指向の要素<sup>5)</sup>を採用しているため、クラス定義を置換えることで、国総研が作成したサポートプログラムの開発にも適用できるものと思われる。

## 6. おわりに

平成 19 年度からの本格運用後は、電子化された道路土工の出来形管理情報が電子納品成果として納品されることになる。その納品された出来形管理情報を集約して、評価方法の見直しや IT を使った適正な評価の再構築に活用したいと考えている。また、評価手法が代わり、施工管理が効率的に行われるようになれ

ば、監督・検査業務に寄与するであろうと考えている。

さらに、集めた出来形管理情報を維持管理業務での活用で役立っていくことを考えると、出来形管理要領が建設業界に浸透することを願ってやまない。そして、国土技術政策総合研究所としては、様々な機器による情報基盤を構築することで、施工現場の情報化を推進していきたいと考えている。

### 《参考文献》

- 1) 有富孝一ほか：TS を活用した道路土工における出来形管理のトータルシステムの構築，土木情報利用技術論文集，土木学会，Vol. 15，2006 年 10 月
- 2) LandXML：LandXML-1.0Schema<<http://www.landxml.org/>>
- 3) 青山憲明ほか：道路中心線のデータ交換の標準化に関する研究，土木情報利用技術講演集，土木学会，Vol. 31，2006 年 10 月
- 4) 阿部寛之ほか：土木工事の検査機器としてのトータルステーションの精度に関する一考察，土木情報利用技術講演集，土木学会，Vol. 31，2006 年 10 月
- 5) 牛尾 剛：オブジェクト脳の作り方，翔泳社，2003 年 7 月

J C M A

### 【筆者紹介】



田中 洋一（たなか よういち）  
国土交通省国土技術政策総合研究所  
高度情報化研究センター  
情報基盤研究室  
研究官



上坂 克巳（うえさか かつみ）  
国土交通省中国地方整備局広島国道事務所  
所長  
工博



金澤 文彦（かなざわ ふみひこ）  
国土交通省国土技術政策総合研究所  
高度情報化研究センター  
情報基盤研究室  
室長

# 道路舗装構築作業に効果を上げた GPS 機能にゾーンレーザ機能を融合させた高精度位置検索システム

## —GPS の高さ精度をレーザ技術で補ったトプコン mmGPS—

福川 光 男

業種を構成する各々の異なった分野の技術を融合させることにより、画期的な新しいシステムが生まれ出される。その新しいシステムの活用は更なる機能を付加させて発達してゆく。また、開発された各々の分野での新しいシステムとの組合せは高い相乗効果を発揮させる。道路舗装構築作業分野での更なる付加機能システムの説明と実施例を述べる。

キーワード：3D-MC, mmGPS, LPS, ゾーンレーザ, RSS

### 1. はじめに

測量分野における各種の計測機能は発達した光学技術に人工衛星を利用した通信技術、そして最新のコンピュータ技術を取込んで飛躍的に発達しており、これらの要素技術を活用して、次々と要求される新たな機能に対応している。一方、建設機械の機能も同様にこれらの要素技術を取込んで新しい機能の開発がされているが、操作制御に関してはヒューマンコントロールへの依存度が高かった。

しかし最近、これらの両分野の技術を融合させる事により、工作機械と同様に設計座標データを用いて直接施工機械を制御することが可能な3次元マシンコントロール技術が実用化され(図-1)、急速な普及が展開されている。さらに、この技術の発達により新たな機能を付加したシステムが開発された。このシステムの概要と我々が普段あまり知りえないオプトニクス(Optonics: Opto-electronics)機能のメカニズムを紹介したい。

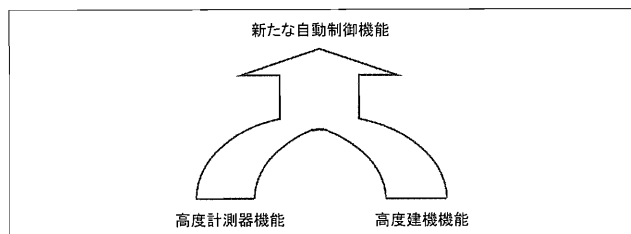


図-1 機能の融合

### 2. ポジショニングシステムの種類と用途、そして更なる要求機能

移動しながら作業を行う建設機械を設計座標データに基づいた位置検索システムを用いて作業装置をダイレクトに制御させるシステムは、前作業としての測量作業による指標の設置作業を省略することが可能な合理化施工工法としてその普及が高まって来ている。

この制御システムはGPSを使用する3次元マシンコントロールシステム(GPS-3D-MC)と自動追尾機能搭載の光学測量機器(トータルステーション)を使用したTS-3D-MCに大別される。

株式会社トプコンでは前者のGPSはその名のとおりGlobal Positioning System、後者をGlobalに対してLocal(局所)Positioning System(LPS)として区分している(現在まだこの種の器機に関する国際標準規格が設定されていないため、呼称についても開発メーカーによって異なり、統一されていない)。両者はそれぞれ特徴があり、施工業者は工種に応じて使い分けている。

特に一般重機土工においてはGPS機能を使用するGPS-3D-MCシステムはその完成度も高く実用性に富んでいるため年々需要率も高くなり、制御対象建機メーカーにおいても制御装置の標準化対応への取組みが始まっている。

一方、さらなる精密土工に適するためには2万km上空に位置する人工衛星位置情報を使用するGPSでは、高度な補正技術の採用やロシアの衛星Glonassの活用など、年々機能は改善されているが根本的にシ



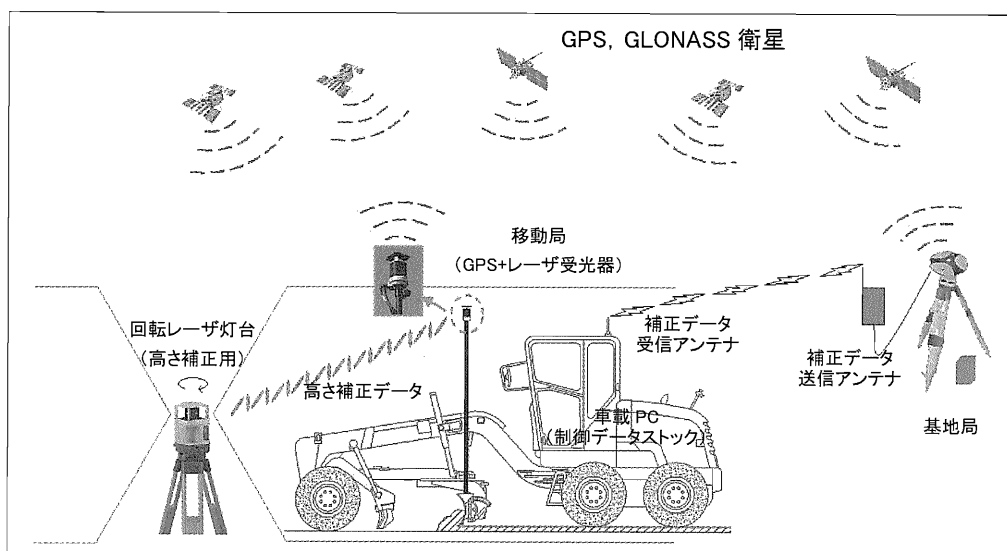


図-2 mmGPSの構成概念図

ステムの特性から精度限界があり、精度が要求される分野では光学測量機器の機能に委ねた TS (LPS)-3 D-MC の使用を選択している。

このシステムは測量器と同等の精度を持っており、自動追尾機能を備えているトータルステーション側から建設機械側受光センサにレーザ光にて指示情報を送り制御している。

しかし、トータルステーションと受光センサが一对となるため、制御される建設機械と同数のトータルステーションが必要になる。そこでかねてより GPS-3 D-MC のように複数機器での運用可能でかつ TS (LPS)-3 D-MC のような精度を持つシステムの開発が望まれていた。



写真-1 mmGPS-3 D-MC グレーダ稼働現場

### 3. 新たに開発された付加機能とそのシステム概要

道路舗装構築作業において建設機械の作業装置を数値制御するシステムへの更なる要求機能に対応するため、GPS の高さ精度をレーザ技術で補ったシステムが新たに開発された。モータグレーダに装備したシステムは図-2 のごとく構成されている。

この GPS 機能にトータルステーションの機能を付加した新しいシステムは株式会社トプコンより mmGPS (ミリメータジーピーエス) として、2004 年ドイツで開催された国際建設機械展示会 (BAUMA 2004) において初めて公開され、各方面から注目を浴びた。その後建設機械の IT の波に乗って急速に普及し、特に欧米の大規模施工現場で多数稼働している。我が国には昨年度より本格的な導入が始まり、数社での稼働実績が報告されている (写真-1)。本報文では

新たに開発された機能について述べる。

#### (1) 複数機種同一エリア同時使用可能な高精度高さ補正機能

従来の直接指示されたレーザビーム位置を受光センサで検知する方法では、トータルステーションと受光センサとが 1:1 でしか制御できない。

新たに開発された mmGPS は、GPS により計測される精度的に実用に足る水平位置 (X, Y) はそのまま利用して、トータルステーションと同様の高さ (H) 精度を得るため、受光センサ側で各々の高さを検知させる機構を採用しているものである。

この機構を備えていれば各々の機器側 (測量、建設機械) が高さ補正機能を持つので、複数同時制御が可能となる。この機構は、回転レーザ灯台より発射されたゾーンレーザを建設機械に搭載された受光センサ側でパルス信号として受け、入射角度を算出、検知する

ことにより高さを認識するものである。その認識は以下のようになされる。

回転レーザ灯台より扇状に広げられた3本のレーザ光（ファンビーム）をN字状に発射させ（2本目のビームを45度に傾ける）発射されたレーザビームを定められた速度で回転させれば、計測受光部には横切るレーザ光がその位置により定められたパルスパターンとして受光される（図-3）。

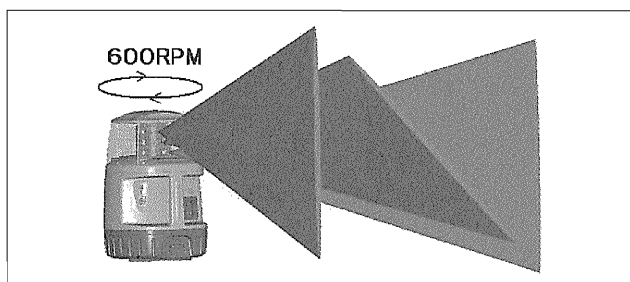


図-3 高低角を求める原理

そのパルスパターンを解析することにより発行部からのレーザ光入射角が判明される（同じ入射角上でのパルスパターンは同じになる）（図-4）。そして、GPSによって割り出したX、Yの水平座標により、その位置の入射角から高さ方向の位置を入力した座標データから設計指示高さを自己算出し補正することが

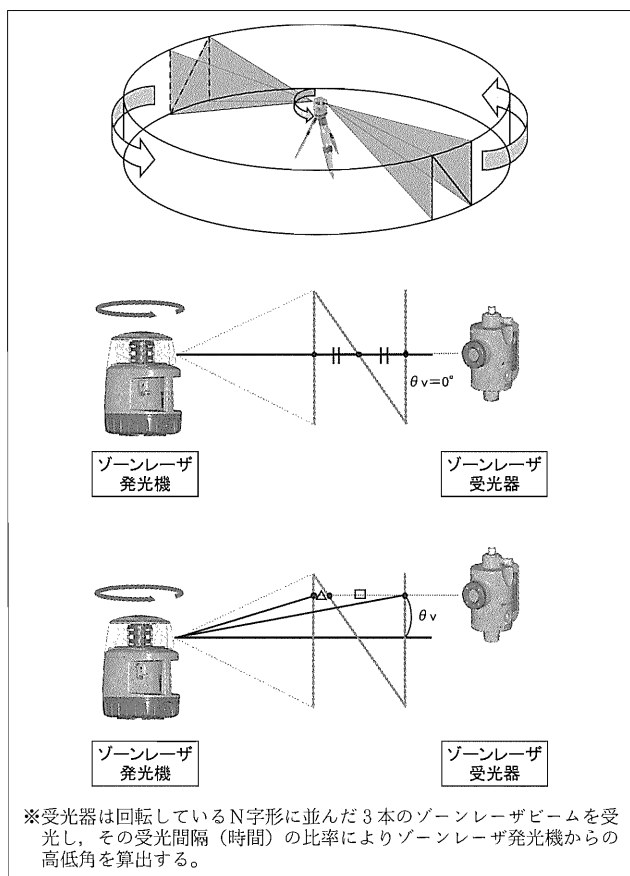


図-4 ゾーンレーザによる高さ計測原理

可能となる。

このシステムを用いることによりGPSのみでは不可能であった高さ方向の精度を高めることが出来るようになった（図-5）。

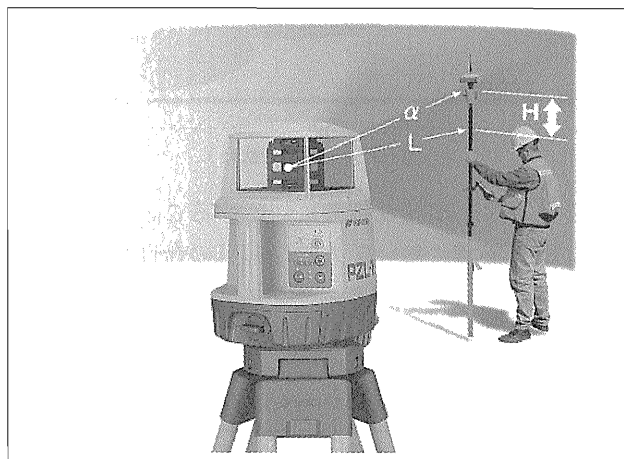


図-5 ゾーンレーザ発光器の距離と高さの関係

L : GPS  
 $\alpha$  : レーザビームとの間の角  
 $H = L \tan \alpha$

## (2) 連続施工環境を容易にしたキャリーオーバー機能

このmmGPSも高さを補正するための回転レーザ灯台を用いているが、道路は長手方向に連続する形状であるため、回転レーザ有効半径内での範囲で線状に通過する部分しか制御できない（図-6）。

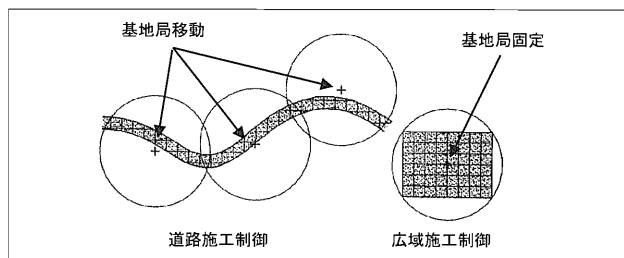


図-6 施工エリアと基地局の位置

この際、従来のトータルステーションでは制御エリア（半径約300m）を超える場合には工事を一時中断して新たにTSを移動再設置するか、又は制御に使用しているトータルステーションをoffにしてあらかじめ設置しておいた、次エリア制御用トータルステーションをonにしなくてはならず、スムーズな連続施工を実現するいわゆるキャリーオーバー機能は備えていなかった。

mmGPSはあらかじめセットされた最大4台の回転レーザ灯台を連続的に並べることにより理論上は直線方向で最長2,400m、高低範囲40mまでの連続施工が可能となった（図-7）。



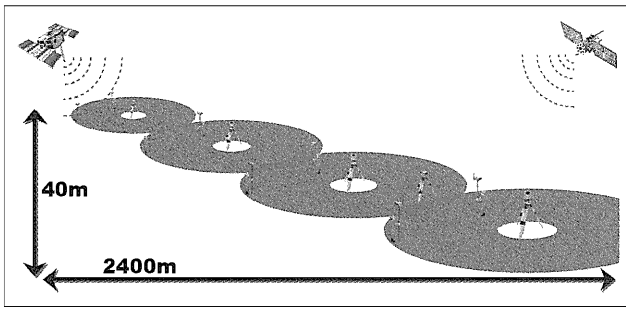


図-7 利用範囲の拡大

このような広範囲な制御に対応することにより、大規模な施工現場において大幅な施工の合理化が可能となる。従来のポジショニングシステムとの特徴比較を表一に示す。

表一 3D-MC 機器の特徴比較

項目	GPS	高精度 GPS	トータルステーション
制御範囲	◎ 半径 2000 m	○ 半径 300 m	○ 半径 300 m
制御精度 (施工条件次第)	△ 垂直方法 ±30 mm	◎ 垂直方法 ±10 mm	◎ 垂直方法 ±10 mm
周辺への影響	△ 無線電波の 発信	△ 無線電波の 発信	◎ 無し
複数制御	◎ 制御範囲内 無制限	◎ 制御範囲内 無制限	△ 1対1での制御
自立性	△ 他国の 衛星頼み	△ 他国の 衛星頼み	◎ スタンド アローン
天候	◎ 左右されない	○ 通常の GPS として使用可	× 降雨時不可
PC との接続	◎ 現場では PDA タイプ	◎ 現場では PDA タイプ	△ 現場での PC 接続必要

#### 4. 道路舗装構築作業における 3D-MC (mmGPS) の有効活用事例

道路舗装構築作業では舗装材としての加熱混合物は通常 40~100 mm 程度で敷均されており、その基盤となる路盤の整形許容精度はやはり mm オーダでの精度が要求される。

前工程の路盤、路床の出来形精度が高ければ上層の舗装材の敷均し精度を高めることが出来るが、逆に舗装材敷均し作業の前工程である路盤の仕上げ精度が悪ければ、いくら舗装材の敷均し精度を上げて、ローラによる転圧減が異なるため、高い平坦性を確保することは出来ない (図-8)。

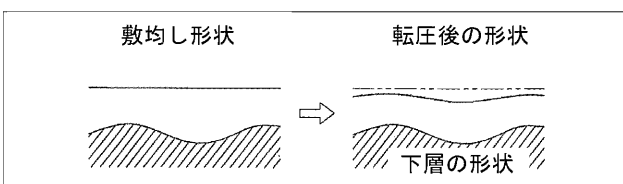


図-8 敷均し形状と転圧後の形状

したがって、道路構築作業にはさらに下層である路床整形作業から高い精度が要求されるのである。そこで、ブルドーザやモータグレーダの作業装置の数値制御システムを使用する場合には GPS に比べ、高さ精度の勝るトータルステーションを使用した 3D-MC が使用されている。また、舗装構築作業では、前述と同様に常に各々の構成層において平坦性能と支持機能を併せ持つ必要があるため、単にブレードのみで敷均しを行っても締固め機能がないため、締固め代を加味して敷均しを行い、ローラによる転圧作業を同時並行で行っている (図-9)。

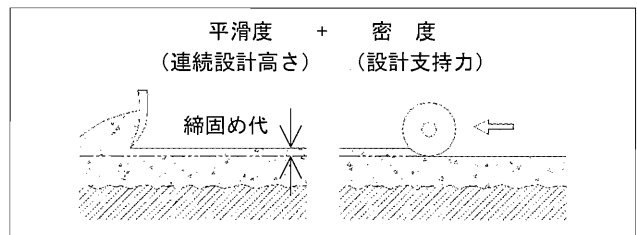


図-9 基盤に求められる機能

そのため、転圧後の仕上げ精度を同時並行で常にチェックしながら作業をする必要がある。しかし、従来のトータルステーション式の 3D-MC ではマシンコントロール中に測量作業が出来ないので、後工程で測量作業をしなければならない不便さがあった。mmGPS-3D-MC では複数器機の制御が同時並行で出来るので、この点が更なる合理化施工を可能にしたと言える (図-10)。

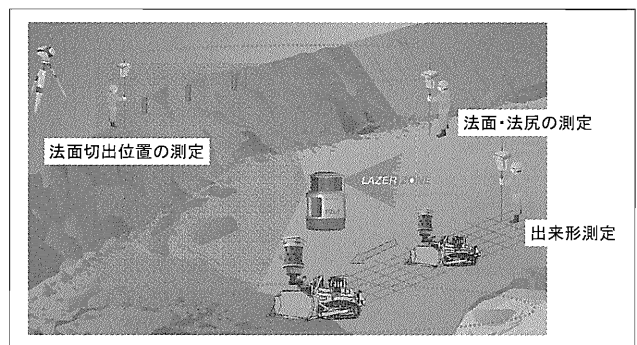


図-10 mmGPS による合理化施工

#### 5. 新開発の敷均し厚さ制御システム (RSS) との併用は更なる施工の合理化を可能とする

今回紹介した mmGPS によるモータグレーダの 3D-MC は高い路盤の仕上げ精度を得ることが出来るため、次工程の合材敷均し作業において、最近開発されたレーザ測距機能を利用した非接触の規準高さセン

シングシステムをアスファルトフィニッシャに搭載して使用することによって、精度の高い敷均し厚さ管理をきわめて合理的に施工することが出来る。

このシステムはロードスキャンシステム(RSS)と呼ばれ、アスファルトフィニッシャのレベリングアームの所定の位置に設置されたマストの上(地上高さ2~3m)からレーザパルスを前後方向に扇状にスキャンさせ、計測対象路面からの反射光をセンサが受光し、その斜距離と揺動角から路面までの高さを算出する。

このスキャンによって得られた150箇所(最長15m範囲)の測定データをもとに、従来のような長尺スキーを牽引することなく、基準値となる路面平均高さを計測できる。また作業中測定エリアに作業員が侵入しても、異常値としてコンピュータが自動的に認識し、収集データからキャンセルする機能を備えている(図-11)。

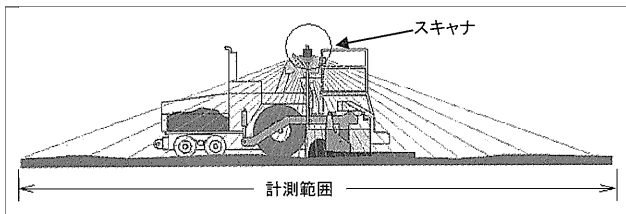


図-11 RSS スキャナによる路面の計測

このように新しく開発されたIT機能を備えたシステムとの組み合わせにより更なる高品質、施工の合理化が現実のものとなっている(写真-2)。

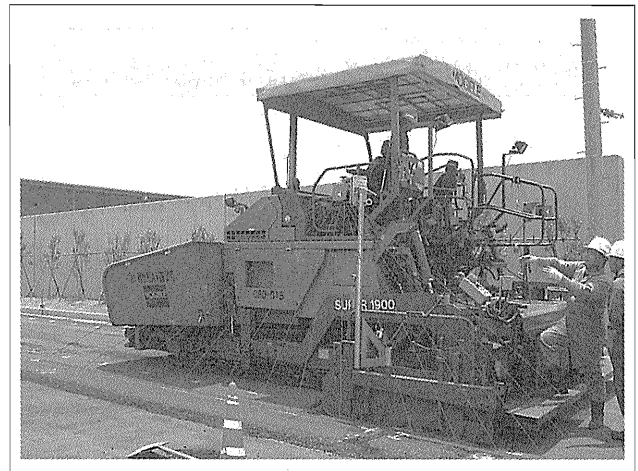


写真-2 ロードスキャンシステムの施工イメージ

#### 《参考文献》

- 1) 福川：建設業におけるIT導入の位置付け，舗装，36[5] p.13 (2001.5)
- 2) 山口：高い平坦性の確保に貢献する舗装の最新機器について，舗装，40[12] pp.3-7 (2003.2)
- 3) 山口：道路建設機械における情報化施工，検査技術，pp.45-52 (2006.9)
- 4) トプコン測量機器新製品ニュース (GNSSの高さ精度を追求したmmGPS)

J C M A

#### 〔筆者紹介〕

福川 光男 (ふくかわ みつお)  
鹿島道路株式会社  
専務取締役  
生産技術本部担当

現場技術者のための

## 建設機械整備用工具ハンドブック

- ・建設機械整備用工具約180点の用語解説と約70点の使い方を収録。
- ・建設機械の整備に携わる初心者から熟練者まで幅広い方々の参考書として好適。

■ A5判 120頁

■ 定 価：会 員 1,050円 (消費税込)，送料420円

非会員 1,260円 (消費税込)，送料420円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館) Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289

# 函館港島防波堤ケーソン撤去工事への高度 IT の適用 —統合情報化施工管理システム「Beluga. Net」—

増田 稔・藤山 映

統合情報化施工管理システム「Beluga. net」(以下、ベルーガネット)とは、無線 LAN や携帯電話、PHS などのパケット通信を利用して船舶、重機、作業船に搭載された GPS やその他機器からの施工情報(位置情報、軌跡)をリアルタイムに伝送し、遠く離れた場所においてモニタリングを行う施工支援ツールである。これにより、従来現場でしか取得できなかった施工状況を「いつでも」「どこでも」把握することができる。本報文は、システム機能の概要と、実施工での運用状況および成果を報告するものである。

キーワード：情報化施工，防災，リアルタイム監視トレーサビリティ，ネットワーク情報通信

## 1. はじめに

近年、無線 LAN や携帯電話、PHS などによるパケット通信などのデータ通信のワイヤレス化は著しく、建設業界においても陸上・海上工事を問わず、技術発展を遂げつつ、さまざまな場面で利用されている。

その一方で、大規模造成工事や土木現場では、迅速かつ正確なリアルタイム管理かつトレーサビリティが求められるケースが増加している。東亜建設工業株式会社(当社)のベルーガネット(本システム)は、そのようなニーズに応えるべく開発を行ったものであり、重機や作業船・測量船などの移動体を、事務所などの遠隔地においてパソコン上で監視するネットワーク型システムである(図-1)。

今回、ベルーガネットを導入した函館港島防波堤ケーソン撤去工事(本工事)は、台風 18 号(平成 16 年 9

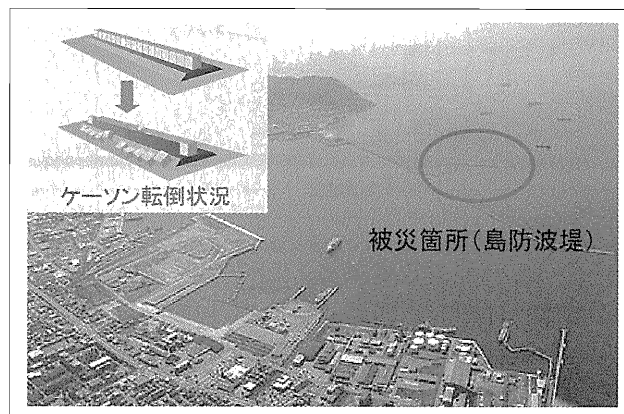


図-2 函館港外観(函館市 HP より転載)

月)により転倒したケーソンの被災状況を深淺測量結果により把握し、その結果をもとにグラブ浚渫船により撤去処理を行う工事である(表紙、図-2)。

本工事は、グラブ浚渫船、土運船などの作業船や測量船、監視船などが稼働しており、施工、出来形、品質管理データ等の膨大な施工情報が日々蓄積される。そのため施工管理上、それら施工情報を迅速に取得し、整理、解析を行い、次工程に反映させることが重要な課題であった。これら施工管理上の課題を解決させるため、ベルーガネットを利用し、測量船と現場詰所、事務所、起重機船をネットワーク接続し深淺測量結果をリアルタイムに提供した。

## 2. システム概要

### (1) システム構成と運用に際しての技術的課題

本システムは、現場施工区域で稼働するグラブ浚渫

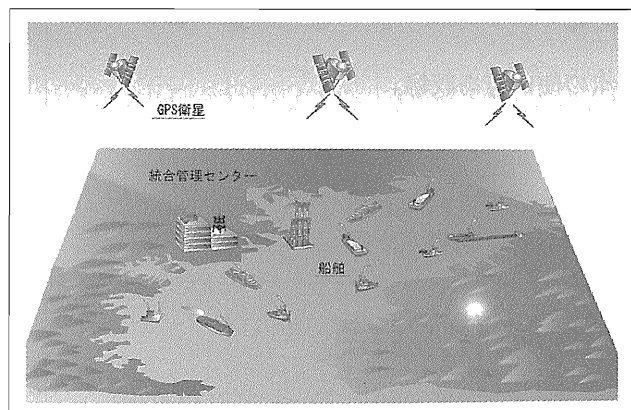


図-1 システムイメージ



船と測量船に長距離用無線 LAN (2.4 GHz 帯) を、事務所と測量船間は携帯電話をそれぞれ搭載しており、ネットワーク環境を構築している。これにより、測量船で取得する GPS、方位計、ナローマルチビーム測深器、モーションセンサ等の各種計測値情報と深浅測量結果 (コンタ図) を送信することが可能となっている。

既存の事務所間や事務所内データ通信技術と比べ、常に移動を伴う作業船に適用することや、動揺や塩害等が発生する厳しい現場作業環境に精密機械を長期的に適用すること等による作動不良の早期発見や解消、データ送信の不確実性の解消を図ることが技術的に課題であった。そこで、上記課題への対応として双方向通信機能を付加したシステムの開発を行い、現場運用を行った。図-3 にシステム構成を示す。

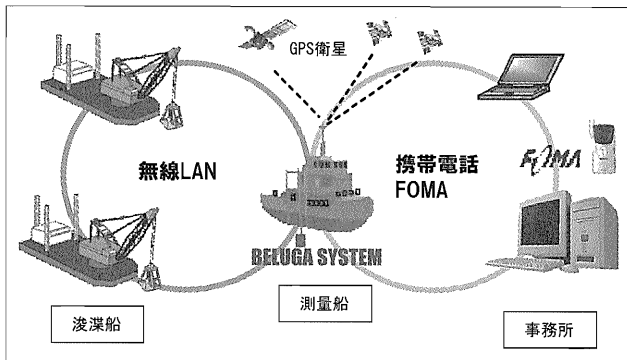


図-3 ベルーガネットシステム構成

(2) システム機能

本統合情報化システムの各端末の詳細について以下に示す。本システムでの端末は、移動局 (測量船) とモニタ局 (グラブ浚渫船) 及び基準局 (事務所) から構成される。

取得された施工情報は、移動局から 2 秒毎に自動送信され、基準局及びモニタ局にてリアルタイムに状況を把握することができる。

(a) 移動局 (測量船)

各種計測機器が搭載されており、ベルーガシステムによりデータの取得を行っている (図-4)。ベルーガシステムとは、海上施工管理データの取得を目的として当社で独自に開発された、収録、解析、施工管理を行う統合システムである。

本システムは、測定データ (図-5) をリアルタイムに施工へ反映させるため、解析処理作業が高速化されたことに大きな特徴があり、測量船上で最終解の算出、3次元地形、構造物等の可視化が可能である。

(b) モニタ局 (グラブ浚渫船)

モニタ局は、デッキに設置された PC モニタで測量船より送信された測量結果をリアルタイムに確認し把握



図-4 ベルーガシステム構成

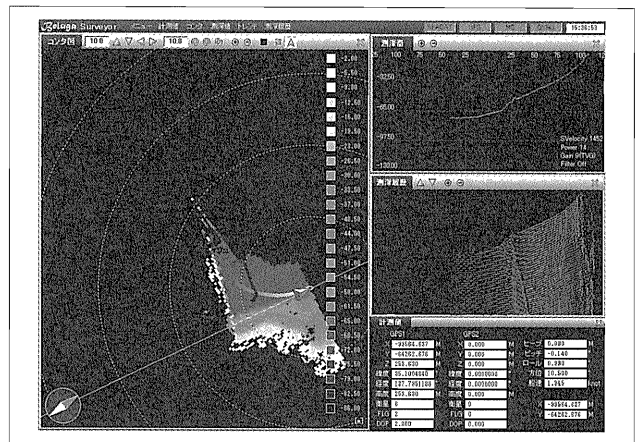


図-5 ベルーガシステム測量画面例

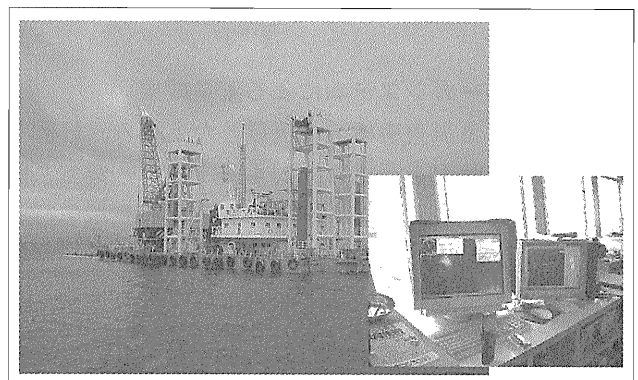


図-6 グラブ浚渫船モニタ設置状況

することができる。図-6 にモニタ設置状況を示す。

(c) 基地局 (事務所)

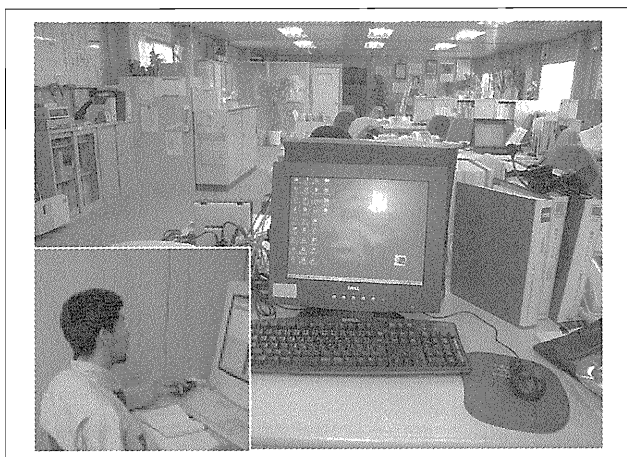


図-7 事務所内モニタ設置状況

移動局から自動送信された施工データは、事務所のサーバPCに自動保存される(図-7)。

以下に基準局の特長を示す。

①施工情報の表示

測量船への各種設定項目(施工区域, 施工地盤高等)や取得施工情報(施工位置, XYZ座標, 速度, 方位, 進捗率, 終了予定時刻等)をリアルタイムに表示することができる。

②双方向データ通信

双方向データ通信機能により, 測量船への各種設定(施工区域, 測量箇所, 施工地盤高, 誘導位置等)を基準局で実施できる。また, 航路の確認や指示, 予定変更等の情報を直接オペレータに送信すること(メッセージ送信機能)が可能である。双方向通信では, 送信中にデータが途切れた場合, 自動的に再受信を行うオート受信機能を備えている。

③軌跡再生機能

施工日, 時刻を指定することにより, 測量船の測量状況を再現することが可能である。

3. システム適用結果

(1) ベルugaシステムによる測量成果

潜水士による調査を事前に実施したところ, 転倒したケーソンの状況を正確に把握することは困難であった。そこで, ベルugaシステムによる深浅測量を行った結果, 400mのエリア(27函)のうち375.5m(25函)が転倒しており, また, 湾側だけでなく沖側にも転倒していることが確認できた(図-8)。

図-9に本施工に適用したシステムの適用範囲を示す。この図からも分かるように, 測定データを整理・解析した成果が次工程に反映されるため, 迅速かつ正確に測量結果を出力する必要がある。本施工では, ベ

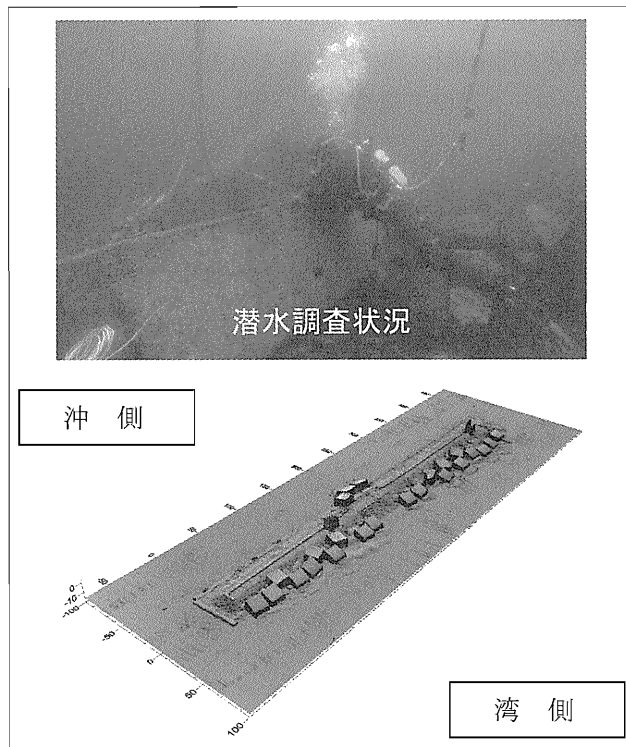


図-8 事前測量結果(鳥瞰図)

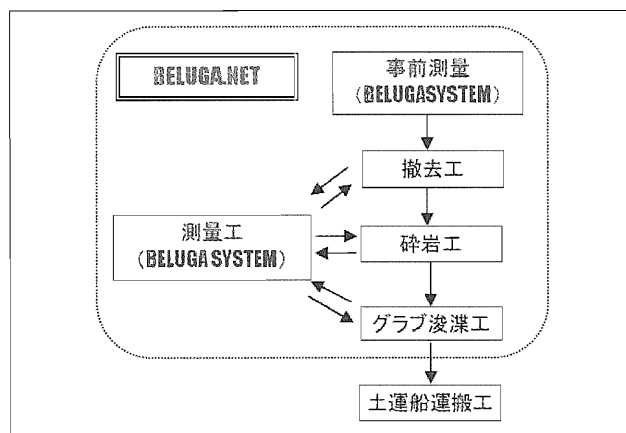


図-9 施工フロー

ルgaシステムの測量成果を日々事務所及びグラブ浚渫船モニタに表示しながら施工を行った。

図-10, 図-11にケーソンが撤去される状況変化をコンタ図にて示す。

(2) ベルugaネット導入による成果

データ通信については, 移動局と基準局との間に障害物(他の施工重機等)がある場合に一時的にデータが途切れる現象が発生した。しかし, データ送信状態を基準局モニタに表示させることにより, 基準局からの再送信指示(双方向データ通信機能)により欠損データを再受信することができシステム運用上大きな障害とはならず済んだ。今後は, リアルタイムに施工情報を取得することが可能であった。

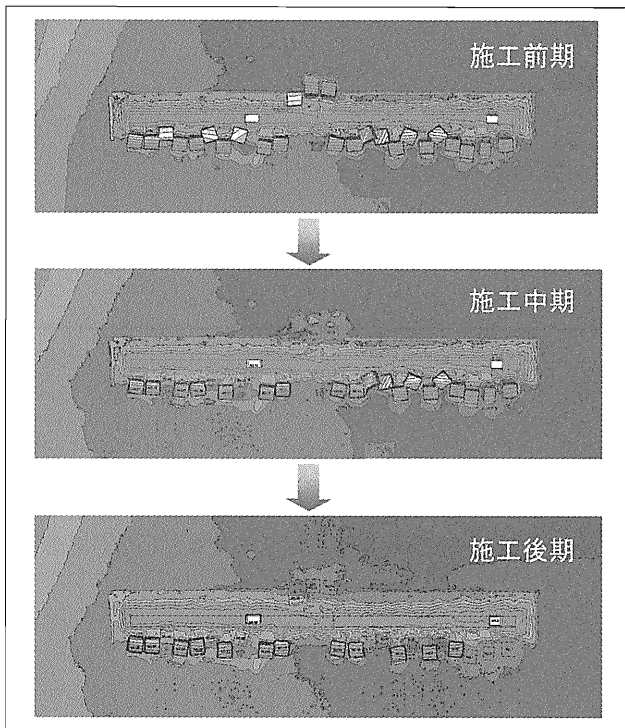


図-10 ケーソン撤去経時変化



図-11 ケーソン撤去状況

また、情報の把握、確認がリアルタイムであるため、施工完了後に計測機器の作動不良等による計測データの欠損に遭遇することなく、確実な施工情報の管理を実施することが可能であった。また、双方向データ通

信機能により、リアルタイムの施工状況の把握による作業終了予定時刻の確認や各種設定及び測量員への指示等が直接、遠隔で行えることから効率的な作業計画および配置を実現することが可能となった。

さらに、測量船への各種設定作業やデータ収集作業は遠隔操作で行うため、海中墜落災害の防止や作業人員の削減および施工効率の向上を図ることも可能となり現場施工を進めるうえで多くの成果を挙げることができた。

#### 4. おわりに

今回当社の開発したブルーガネットを實現場に適用した結果、耐震・耐塵埃型の機器を用いることによりシステム上の作動不良は確認されず、データ欠損等も発生しなかった。また本システムにより施工効率および安全性の向上、取得データの一元管理等様々な利点を確認することができた。今後は、大規模造成工事を含め、第二東名工事や羽田再拡張工事への導入など多方面での適用を目指したい。また、遠隔操作の特長を最大限に活用し、監視カメラ、レーザ計器、GPSを用いた無人化システムの開発を行い災害時への適用等、様々なニーズに応じたさらなる技術開発を実施する計画である。

本技術の現場運用に際しては、北海道開発局ならびに東亜建設工業株式会社北海道支店の関係各位の方々にご指導、ご協力いただいた。感謝の意を表する次第である。

#### 《参考文献》

- 1) 増田 稔・島村 明・藤山 映：インターネット技術を用いた情報化施工システムの紹介，東亜建設工業土木本部技術発表会論文，p. 2，2005. 11
- 2) 藤山 映：統合情報化造成工事施工管理システムの開発—関西国際空港2期空港島埋立工事（二次揚土その2）での運用—，近畿地方整備局管内技術発表会論文，pp. 3~4，2005. 6

JCMA

#### 【筆者紹介】



増田 稔（ますだ みのる）  
東亜建設工業株式会社  
土木本部  
機電部  
電気課  
課長



藤山 映（ふじやま えい）  
測位衛星技術株式会社  
戦略営業部（東亜建設工業土木本部機電部付外向）



## 舗装工の情報化施工

勝 敏 行・片 岡 直 之・梶 原 覚

GPS（全地球測位システム）とゾーンレーザ技術を活用して高さ方向の精度を大きく改善すると共に連続的な勾配変化にも適用できる情報化施工システムを株式会社 NIPPO コーポレーションで実用化した。本報文は、当該システムの概要とこれを搭載したアスファルトフィニッシャーおよびモータグレーダを関西空港二期工事に導入した結果を報告するものである。

キーワード：舗装工，情報化施工，GPS，ゾーンレーザ，アスファルトフィニッシャー

### 1. はじめに

土木工事における情報化施工は、施工や品質管理等各方面からの取組みが試みられている。なかでも、土工においては、GPS とレーザとを利用してブルドーザ等による敷きならしの高さを自動制御するシステムが普及段階に入りつつあるといえる。

舗装工にも同様のシステムの導入が試みられるものの、高さ方向の要求精度の違いや制御できる施工機械台数の制約、連続的勾配変化への対応が困難なことから適用はごく限られた範囲となっているのが現状である。

筆者らは、これらの課題を克服すべく開発に取り組み、このほど、GPS とゾーンレーザ技術を活用した情報化施工システム（mmGPS マシンコントロールシステム、以下、mmGPS-MC システム）を実用化した。ここでは、その概要と関西空港二期工事に導入した状況ならびに結果について報告する。

### 2. 従来の情報化施工システム

ブルドーザやモータグレーダ等の敷きならし高さを自動制御する情報化施工システムは、次の二つの方式に大別される。

#### （1）GPS を用いる方式

3次元設計データとGPSによって計測された機械の位置とをリアルタイムで照合し、設計データどおり

にブルドーザ等の排土板を自動制御する（図-1）。

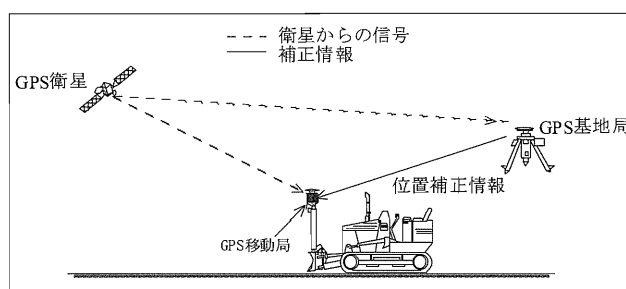


図-1 GPS を用いる方式

#### （2）トータルステーション（TS）を用いる方式

3次元設計データと自動追尾式トータルステーションによって計算された機械の位置をリアルタイムに照合させ、設計データどおりにブルドーザの排土板を自動制御する（図-2）。

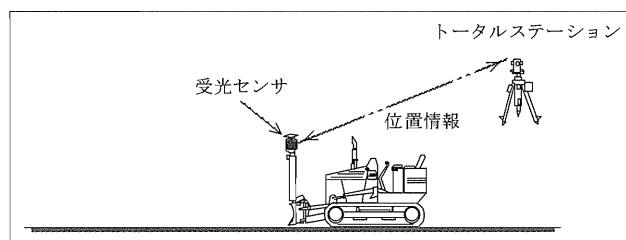


図-2 トータルステーションを用いる方式

いずれの方式も土工においては普及しつつあるが、舗装工に適用するには次のような問題がある。

①GPS方式は、高さ方向の精度に限界があり、舗装工で求める精度を確保できない。

②TS方式は、舗装工の要求精度は確保できるが、施工機械1台毎にTSが必要となり、複数の施工機械を同時に制御する場合、位置情報の送受信が遮蔽される等の問題が生じ、施工範囲を制限するなど制約を受ける。

### 3. mmGPS-MC システム

情報化施工の舗装工への普及を図るため、上記のような問題点の解決に取組み、GPSとゾーンレーザの技術を活用したmmGPS-MCシステムを実用化した。

ゾーンレーザは、株式会社トプコンの開発技術で、レーザを高さ方向に幅を持たせて照射し、垂直精度を補正するものである。これとGPSとを組合わせて施工機械に搭載することで、高さ方向にミリメートル単位で制御することができる。以下に、mmGPS-MCシステムの概要および特徴を述べる。

#### (1) mmGPS-MC システムの概要

当該システムは、図-3に示すように施工機械の3次元位置座標を測定するシステムとその位置座標と設計データとの照合により施工機械を自動制御するシステムで構成されている。

位置座標測定システムは、平面座標をGPSにより測定し、高さ座標をゾーンレーザ発光器から照射される縦幅(最大10m)のあるレーザ光を施工機械に搭載された受光器で受け、ミリメートル単位で計測する。

自動制御システムは、施工機械に搭載したコントロールボックスにあらかじめ入力された3次元設計値と測定した位置情報とに基づいて補正量を算出し、油圧制御回路を介して作業装置の上下・勾配動作を自動制御するものである。

当該システムを搭載した施工機械による情報化施工

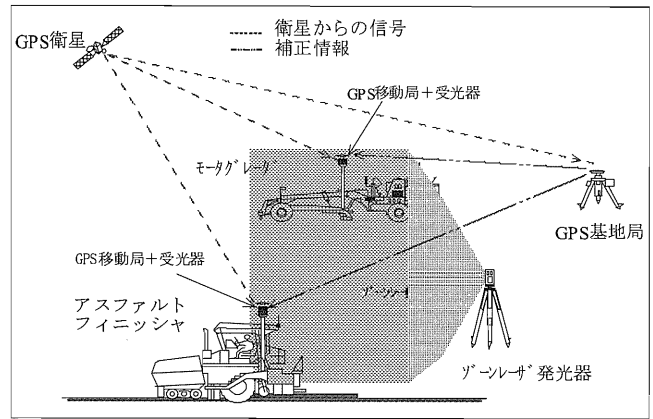


図-4 mmGPS-MCシステムによる情報化施工イメージ

のイメージを図-4に示す。

#### (2) mmGPS-MC システムの特徴

##### (a) 制御機器の簡素化

従来のTSシステムと異なり1セット(一つの基地局と一つのゾーンレーザ発光器の組み合わせ)の環境下において複数の施工機械が互いに制約を受けることなく同時に稼働できる(図-4)。

##### (b) 施工管理の効率化

路床からアスファルト舗装まで舗装工事全体のプロセスで電子データが共有でき、効率的な施工および施工管理が可能となる。

##### (c) 仕上がり精度の向上

ゾーンレーザを用いることでミリメートル単位の計測が可能となり、排土板等の高さ制御の精度は平均で±5mm程度が確保できる。このため、経験の浅いオペレータでも熟練オペレータと同等精度の施工が可能となり、機械操作の容易化を図ることができる。

##### (d) 適用範囲の拡大

回転式レーザでは、一定勾配面での制御であったが、当該システムでは、勾配変化のある施工面にも対応可

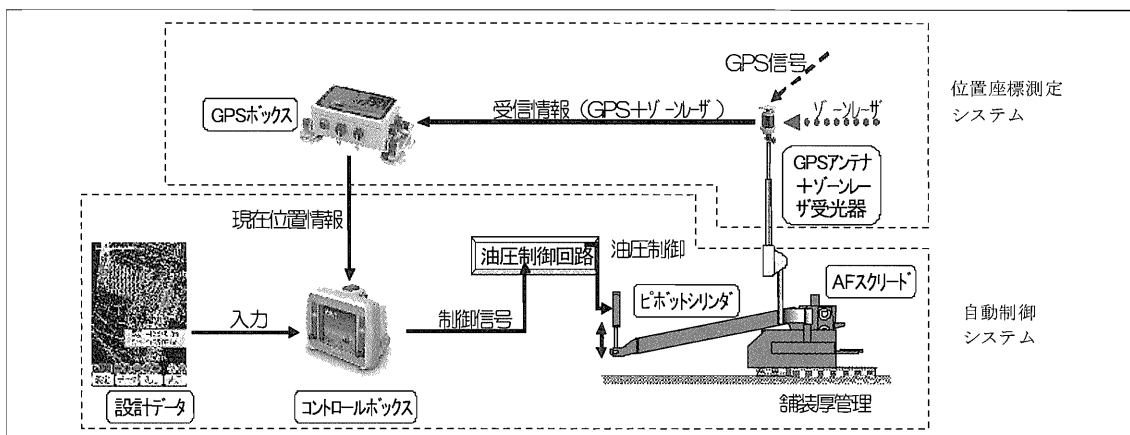


図-3 mmGPS-MCシステムの構成(アスファルトフィニッシャの場合)

能である。

(e) 安全性の向上および検測人員の削減

施工中の検測作業が不要のため、施工機械との近接作業が削減され、安全性が向上する。さらに、出来形検測で図-5に示すようなmmGPSによる検測用システムを利用することで、検測作業における人員削減が図れる。

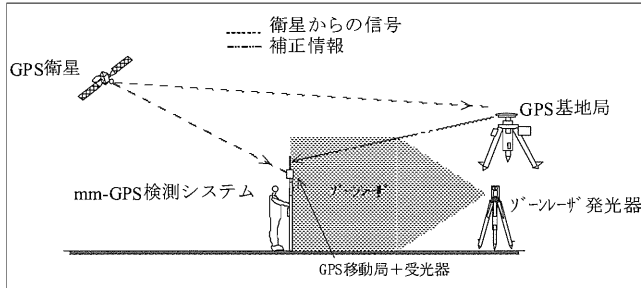


図-5 mmGPS 検測システム

(f) ダブルセンサ方式の採用 (アスファルトフィニッシャ)

欧米では、片側グレードコントローラ+スロープコントローラによる情報化施工が試みられているが、我が国では馴染みが薄いこともあり、従来の操作方法と同様の感覚で扱えるようにダブルセンサ方式を新たに開発しこれを採用している。

(g) 機器の汎用性

mmGPS-MC アスファルトフィニッシャ用のシステムは、従来のグレードコントローラを取付けることの出来るアスファルトフィニッシャならばすべての機種に本体の電気および油圧回路を改造することなく取付け可能である。

4. 実施工への適用例

mmGPS-MC システムを搭載したモータグレーダ

およびアスファルトフィニッシャを実施工に適用した例として、関西空港二期工事における滑走路、誘導路等工事(その1)での施工概要と得られた結果を以下に述べる。

なお、ここでは当該モータグレーダを滑走路の路床盛土工に使用した例と、当該アスファルトフィニッシャを誘導路の基層工に使用した例とについて紹介する。

(1) 施工環境を設定する機器

施工に先立ち、基地局(写真-1)とゾーンレーザ発光器(写真-2)は、図-6に示す位置に設置した。高さ方向の座標を計測するゾーンレーザ発光器は、有効範囲が半径300mであることから連続した作業範囲を考慮して複数箇所に設置した。平面座標を補正す

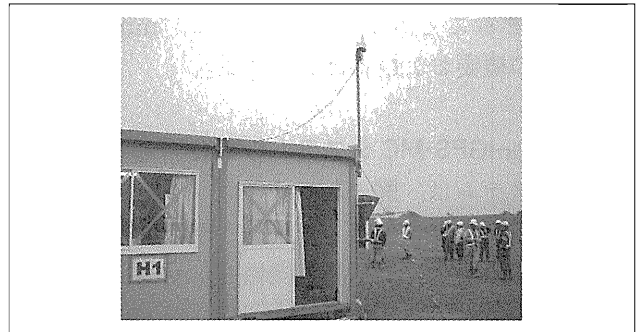


写真-1 基地局状況(無線アンテナ)

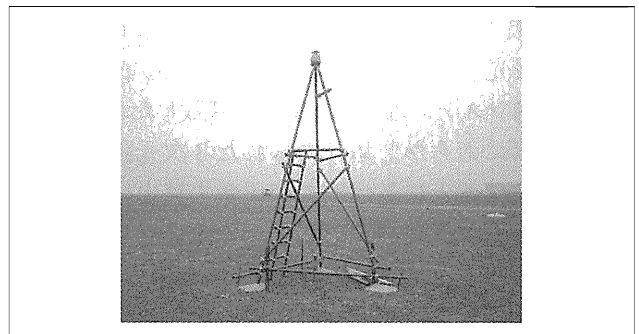


写真-2 ゾーンレーザ発光器設置状況

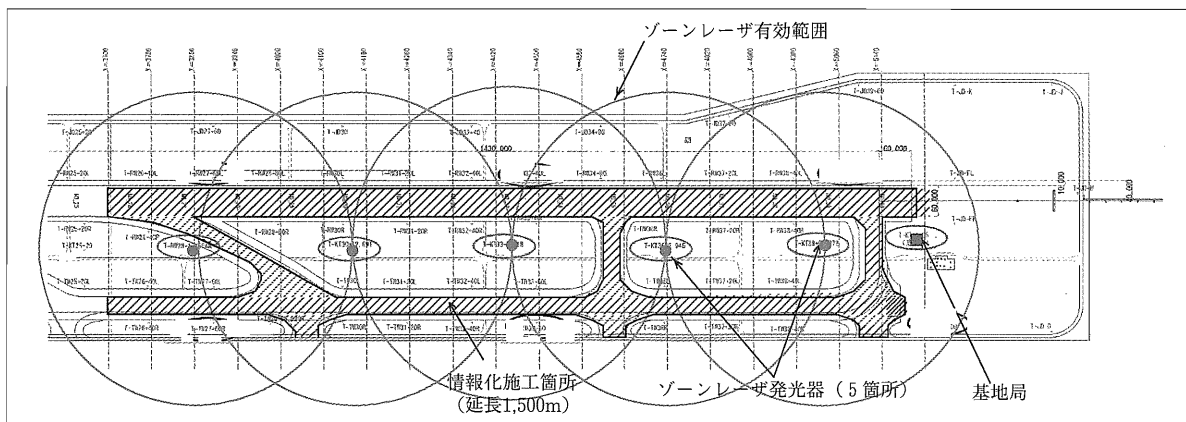


図-6 基地局とゾーンレーザ発光器の配置



る基地局は、小電力無線を使用しており数 km の作業範囲をカバーできることから 1 箇所だけとした。

(2) 路床盛土工

当該システムを搭載したモータグレーダ（コマツ GD 655-3）を図-7 に示すクラッシュラン鉄鋼スラグによる路床盛土工（延長 1,500 m）に適用し（写真-3），次のような結果および効果を確認した。

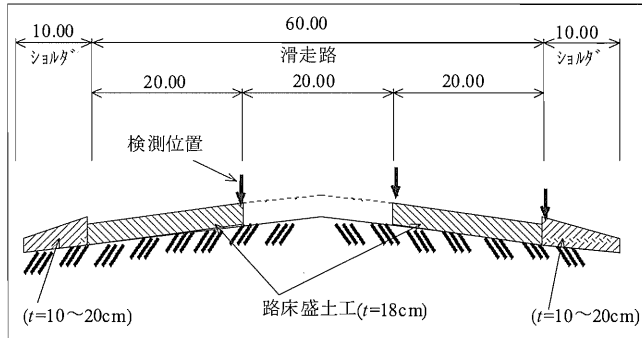


図-7 路床盛土工断面（滑走路）



写真-3 mmGPS-MC モータグレーダ施工状況

(a) 施工効率の向上

自動制御の効果は大きく、熟練のオペレータでなくとも、整形作業を 2~3 回繰返すだけで目標高さを得ることができた。また、丁張り杭がないため施工機械の移動の自由度が高く、かつ従来丁張り杭周りの仕上げに手間取っていた敷きならしおよび転圧作業が解消された。

このようなことから、施工性、施工効率が向上し、日施工量は最大で従来工法比 20% 程度の増となった。これは、当該工種だけで見れば、情報化施工で期待されている 10~20% の工期縮減<sup>1)</sup>に繋がるものと期待できる。

(b) 仕上がり精度の向上

図-7 に示す位置において、仕上がり面の検測を

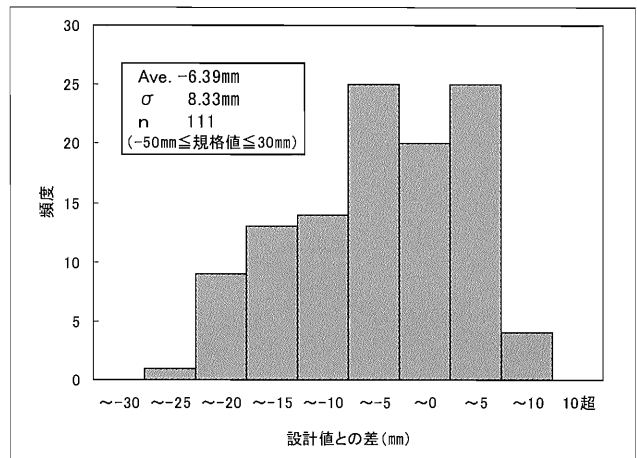


図-8 仕上がり面の検測結果（路床整正出来形（設計値との差））

施した。その結果を、図-8 に示す。基準高の規格値を十分満足するだけでなく、比較的ばらつきが少ない結果が得られた。従来工法でも基準高の規格値は確保できるものの、丁張り杭のある位置での検測結果のみによるものであり、丁張り間ではオペレータの勘で施工せざるを得ない。図-8 は任意の位置で面的に検測した結果であることから、当該施工では、従来工法より均質な路床盛土を築造することができたといえよう。

なお、図-8 は転圧完了後の結果であるため、敷きならしの精度とは異なることを付言しておく。

(c) 安全性の向上、省人化

施工中の検測作業が省略できたために省人化が図れるとともに、従来検測員と施工機械との間に生じていた近接作業が無くなり安全性が向上した。

(3) 基層工

当該システムを搭載したアスファルトフィニッシャー（Vögele S-2100）を図-9 に示す誘導路の基層②（幅 7.5 m×延長 1,000 m×2 レーン）の敷きならしに適用し（写真-4），以下に述べるような結果および効果

表層（密粒アスコン）	t = 4 cm
基層①（粗粒アスコン）	t = 6 cm
基層②（粗粒アスコン）	t = 6 cm
上層路盤 （アスファルト安定処理）	t = 10 cm
下層路盤① （砕石セメント安定処理）	t = 15 cm
下層路盤② （CSセメント安定処理）	t = 19 cm

図-9 誘導路舗装断面



写真-4 mmGPS-MC アスファルトフィニッシャの施工状況

を確認した。

#### (a) 施工効率, 安全性の向上

平坦性確保のためのセンサロープを使用しないので, その設置工程が省略できるとともに, ロープ接触による事故(人身, 再設定等)原因が排除され, 施工効率および安全性が向上した。また, ダンプトラックの出入りがスムーズに行え, 材料搬入のスピードアップを図ることができ, 施工性も向上した。

#### (b) 施工精度の向上

平坦性が1.42 mmのアスファルト安定処理層上に舗設した基層の平坦性は,  $\sigma=0.87$  mm, 高さの検測結果は表-1のとおりであり, 従来の施工法と遜色のない結果を得た。

表-1 仕上がり面の検測結果

設計値との差 (mm)				
最小	平均	最大	$\sigma$ (mm)	$n$
-1	1.54	8	2.00	171

[参考;  $-4$  mm  $\leq$  規格値  $\leq 10$  mm]

#### (c) 複数施工機械の同時制御

施工区間および各工種の工程の関係上, 当該アスファルトフィニッシャおよびモータグレーダを同時に稼働させる機会は短期間しか得られなかったが, 特段の問題もなく同時に制御することができた。

#### (d) イージーオペレーション

従来のグレードコントローラと同様の感覚で使用できる左右のダブルセンサシステムであり, 短時間のオペレーション教育でオペレータはなじむことができた。

## 7. おわりに

舗装工における情報化施工は, 緒についたばかりである。今後も株式会社 NIPPO コーポレーションでは, 空港工事などの, 大型工事に本工法を採用し, 更なる改善を加えてより良いものにしていく所存である。

最後に, 本技術の実用化および導入に当たりご協力いただいた株式会社トプコン販売ならびに西尾レントオール株式会社の関係者の皆様にこの場を借りて深く感謝いたします。

JCM A

#### 《参考文献》

- 1) 鹿野: 国土交通省における情報化施工の取組み, 建設の施工企画, pp.12-15, 2004.8

#### [筆者紹介]

勝 敏行 (かつ としゆき)  
株式会社 NIPPO コーポレーション  
技術開発部  
技術開発グループ  
機械設計担当課長

片岡 直之 (かたおか なおゆき)  
株式会社 NIPPO コーポレーション  
技術開発部  
技術開発グループ

梶原 寛 (かじわら さとる)  
株式会社 NIPPO コーポレーション  
工務部  
機械グループ

# 建設機械の知能化, ネットワーク化と情報化施工

## —無線ネットワーク, シミュレーションを駆使した施工の統合管理システム—

中野 栄二・久武 経夫

土木施工は、計画、設計の段階で確定出来ない不確かな要素を包含していること、施工対象の位置等が常に変化すること、施工機械の操縦方法（オペレータ技量）により生産性に大きな差異が生じること等の理由から、現場データに基づき定量的な管理を行う情報化施工や自動化にこれまでは馴染まない領域とされてきた。

オペレータ技量の問題に対処するために、筆者らは作業装置を模した動きと作業負荷に応じて操作力が変化する操縦桿（モノレバー）、自動掘削システム、作業装置の操作部（マスタ）と作業部（スレーブ）の稼働シミュレーション等の開発を行った。これらの機能を具備した知能型建設機械は、モジュール化したマスタとスレーブ間をTCP/IPプロトコルに従って通信する構造とした。

TCP/IPプロトコルの採用によって、建設機械がネットワークの端末と位置づけられることとなり、機械の稼働に係わる情報の共有を通じて、1台の機械の最適運転から機械群の最適化が容易に行える環境が整った。

本報文では、現場から離れた操作室から建設機械を操作する無人化施工における情報ネットワークの構築、シミュレーション等に基づく最適操縦の実現等、情報の高度利用並びに、施工機械をネットワークの端末に位置づけた究極の情報化施工を提案する。

キーワード：情報化施工, 土工機械, 知能型建設機械, モノレバー, 無線LAN, メッシュ・ネットワーク, シミュレーション, 統合管理システム

### 1. はじめに

機械土工の分野で、電子化された情報を基に施工を最適化する情報化施工を実現するためには、施工機械の操縦や作業機の動きの定量的な把握と解析が前提である。この要件に合致した土工機械として知能型建設機械がある。情報化機械土工においては、知能型建設機械に施工現場全体を統括して最適な施工を行うため機械群最適管理、出来高・出来形管理、施工品質管システムが付加される。表一1に、知能型建設機械と情報

化機械土工の機能構成を示す。

センサやコンピュータで知能化された建設機械群を有線・無線ネットワークで連携することによって、情報の相互利用やフリート（機械群）シミュレーション

表一2 油圧ショベルの知能化の手順例

操縦装置 (マスタ)		情報変換部 情報伝送部	機 能	開発水準
遠隔操作室 (外部から 遠隔操縦)	運 転 席 (機械に搭乗)			
	操縦桿	機械的接合	作業装置の全 自動化例	汎用建設機械 ベース
	操縦桿の集約	機械的接合	片手で直感的 な操縦	初期のモノレ バー
	知能型操縦桿	電子制御/モ ノレバー	+ 負荷帰還, 半自動施工	実験段階の モノレバー
遠隔操縦		+ 無線伝送	遠隔操縦化	無人化施工
知能型操縦桿		+ 無線 LAN	+ ネットワー ク化	Conet 2003 で デモ展示
+ 情報変換部, シミュレータ		+ 無線 LAN	任意の機械を 操縦可	研究室段階の モノレバー
+ 機械群統合 管理機能		+ 無線 LAN	機械群の最適 化管理	高度情報化 施工
自動化モード 設定装置		自律化	全自動施工	情報化との機 械群制御融合

注：機械的な接合方式：操縦桿と油圧制御弁間の信号伝送路のリンク構造を避けるための電気化の例はある

知能型操縦桿：走行と作業装置操作を1本の操縦桿（モノレバー）に集約、ボタンスイッチ等による半自動等の機能選択等を可能とした操縦桿

情報変換部：機械的接合→頭脳モジュール（自律）

表一1 知能型建設機械と情報化機械土工の機能構成

機能モジュール	機 能 分 担
操 作 部 (マスタ)	非熟練者が片手で容易に機械の操縦・半自動化操作を行える高機能操縦桿（モノレバー装置）
作 業 部 (スレーブ)	作業装置、走行装置、作業装置位置・作業反力・機械姿勢計測センサ
頭 脳 部 (ブレイン)	マスタ、スレーブ間情報の高速/リアルタイム処理 機械の動態解析を通じた出来高・出来形管理、施工品質管理
シミュレータ	リアルタイム3D表示シミュレータ（マスタ&スレーブ）、最適化と表示
ネットワーク	TCP/IPプロトコルによる有線・無線ネットワーク
機 械 群 最 適 管 理	機械群（フリート）管理シミュレーション、施工手順最適化、機械群最適連係

注：表中の太線部が知能型建設機械の基本機能である

等、現場全体を一体化し、客観化・総合化された情報を通じて、最適施工手順、個々の機械の最適操作方法や半自動運転等が可能となる。

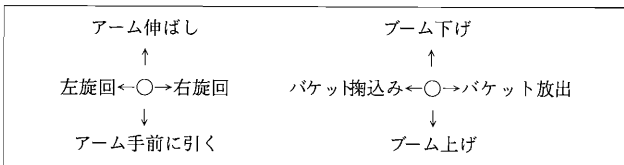
表—2に、油圧ショベルを例とした建設機械操縦の知能化の手順を示す。

## 2. 建設機械の知能化

### (1) 「モノレバー」による操縦の容易化と半自動化

#### (a) 「モノレバー」の仕組みと機能

汎用油圧ショベルの作業装置は、図—1に示したように、2本の操作レバーでブーム、アーム、バケット用の3本の油圧シリンダを伸縮することによって作業装置の位置決めを行っている。シリンダの伸縮によっ



図—1 油圧ショベルの操縦桿

て、径が変化する円弧を組合わせてバケットを直線に動かす操作等は至難である。

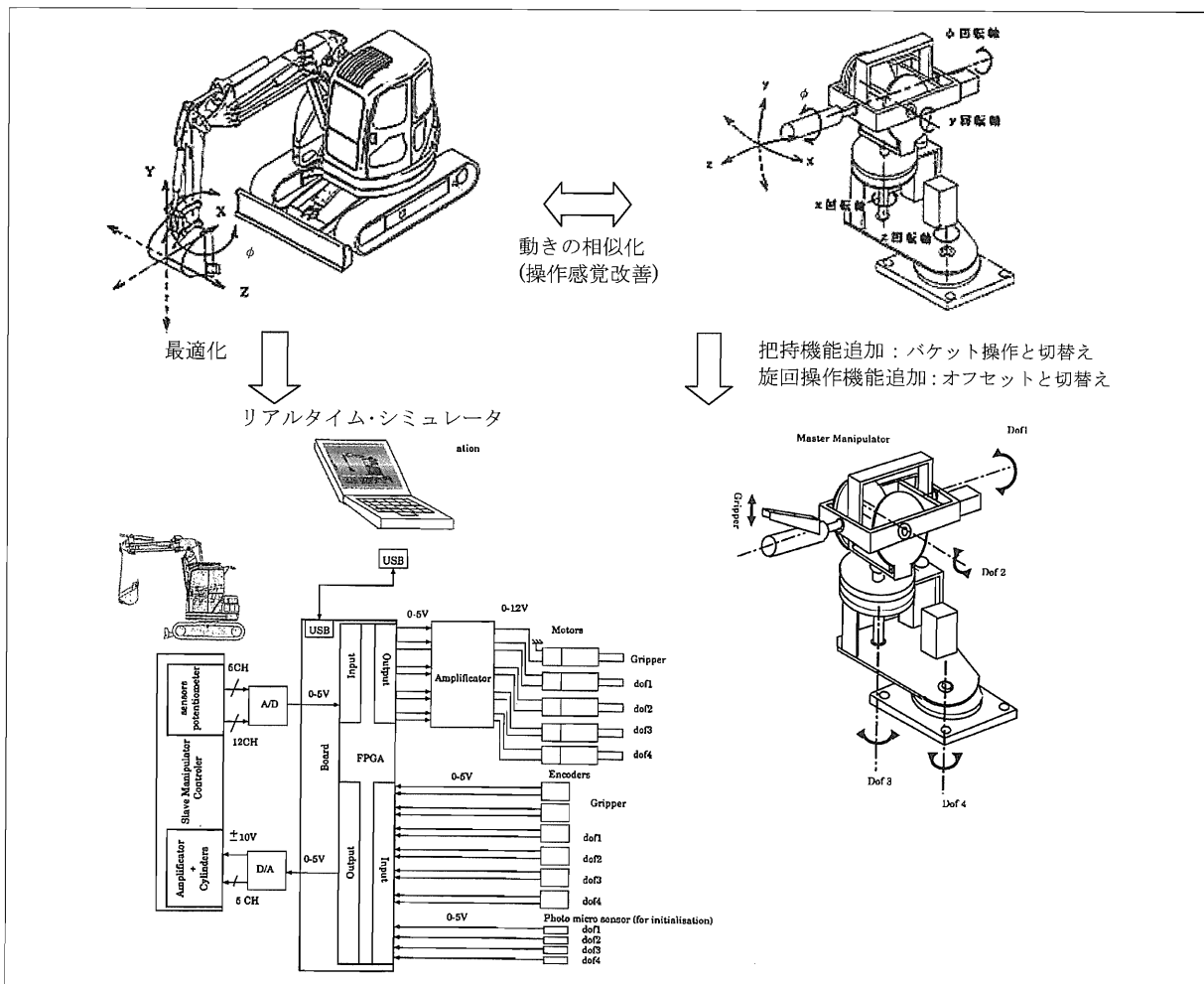
図—2の「モノレバー（高機能操縦桿）」は、バケットの上下、前後、左右の動きを模した動きをする操作装置で、図中のφ軸を廻すとその方向と角度に応じてバケットが掴込み、放出をする。

開発した「モノレバ型操縦装置」の操縦桿（図—2中のφ）は、バケットに加わる負荷（掴込み量）に応じた操作反力が生じる。掘削位置、掘削経路、掘削領域や繰返し作業の設定などの作業に併わせて作業装置を自動的に動かすための設定ボタンも用意されている。半自動操作によって、法面、平面、立孔などを正確、効率的に施工できる。

#### (b) 作業装置先端部の位置及び作業反力認識の手法

実験用機械には、作業装置先端部の位置や機械の姿勢を認識するために、表—3のセンサを装備、図—3の制御系が構築されている。

表—3センサの出力に基づいた作業装置（バケット）と作業対象の位置を図—4に示した。図中の斜線で示

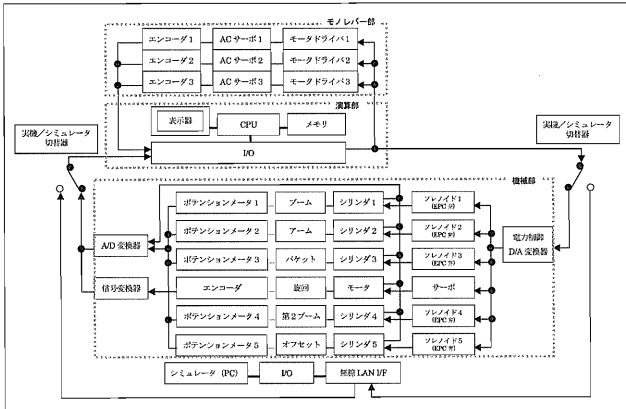


図—2 モノレバーの構造と機能展開

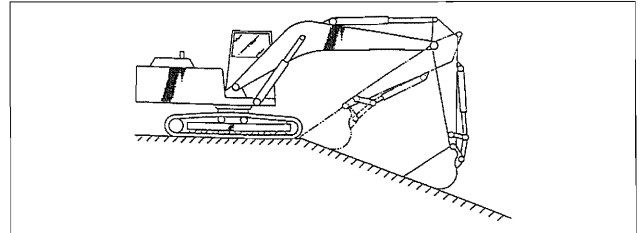


表—3 搭載センサ仕様例

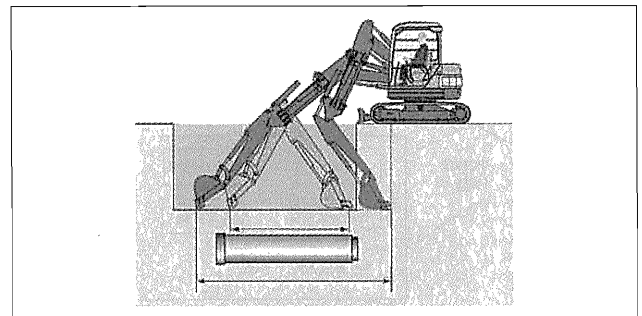
計測対象	装着部位	センサ種別	計測原理	定格	分解能	製造者
作業装置 先端部 位置計測	バケットシリンダ	ストロークセンサ	ストロークセンシングシリンダ	最大 2,500 mm	0.5 mm	コマツゼノア(株)
	アーム基部	角度センサ	回転型ポテンショメータ	0~180°	0.5%	日本電産コバル電子(株)
	オフセットブーム基部	角度センサ	ポテンショメータ	0~180°	0.5%	日本電産コバル電子(株)
	第1ブーム基部	角度センサ	ポテンショメータ	0~180°	0.5%	日本電産コバル電子(株)
	第2ブーム基部	角度センサ	ポテンショメータ	0~180°	0.5%	日本電産コバル電子(株)
旋回角度	上部旋回体下部	旋回角度	磁歪による超音波振動の誘起	360° (磁歪線長: 3 m)	0.01 mm	エムティーエスセンサーテクノロジー(株)
作業反力	油圧系	圧力センサ		24.5 MPa		
車体姿勢	車体中心部	傾斜センサ	磁石付きばね振子	±30°/2軸	±1%FS	(株)マコメ研究所



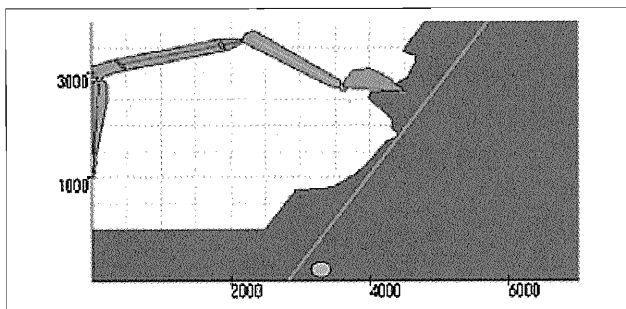
図—3 モノレバー制御系統図



図—5 法面整形工事



図—6 管理設工事 (出典: コマツ PC 58 SS カタログ)



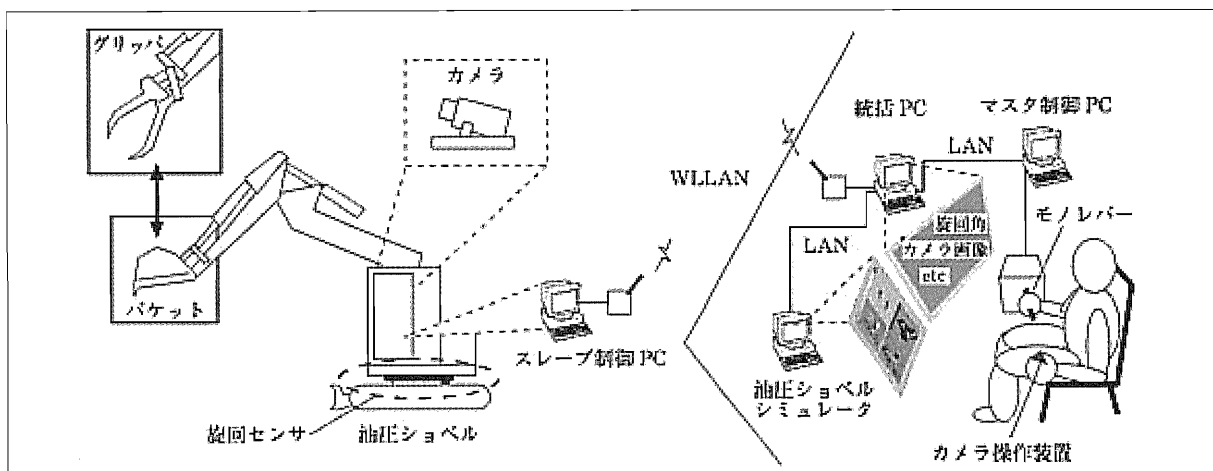
図—4 作業軌跡表示→半自動掘削

したのが整形目標と現地形の表示である。中央下部の楕円部が埋設物の位置を示し、作業装置が接近すると、回避指示を行う。掘削起点と終点指示による自動掘削

機能も有している。地形は作業装置先端位置情報により常時更新される。

図—4 に示した機能の用途として、実験を行った立孔掘削のほか、図—5 の管理設工事、図—6 の法面整形工事等が想定される。

(c) 2.3 マスタ/スレーブ分離とネットワーク化  
図—7 に、操作部 (マスタ)、作業部 (スレーブ)



図—7 無線モノレバー装置と周辺機器

をモジュール化し、モジュール間の通信を TCP/IP プロトコル (LAN) としたネットワーク対応の知能型建設機械を示す。LAN の採用によりシステムの拡張性が高まると同時に、標準化され潤沢に供給されている通信系、データ処理系の情報資産の活用が可能となる。

また、ブレン部への指示やブレンの知能化によって、機械の最適な操縦と運用が可能となる。前節のマスタとスレーブの関係は固定であるが、図-7 以降の知能化された機械の場合には、オペレータによるマスタとスレーブの組合せ設定によって、積み込み機械とダンプトラック、遠隔操縦の場合のカメラ車の移動等、ネットワーク中の任意の機械を選択操縦できる。図-8 に操作対象機械切替え例を示す。

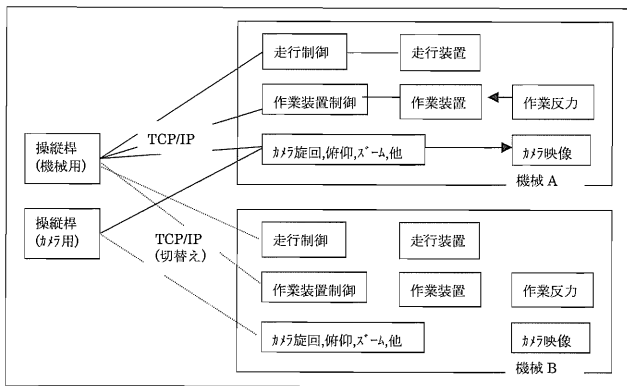
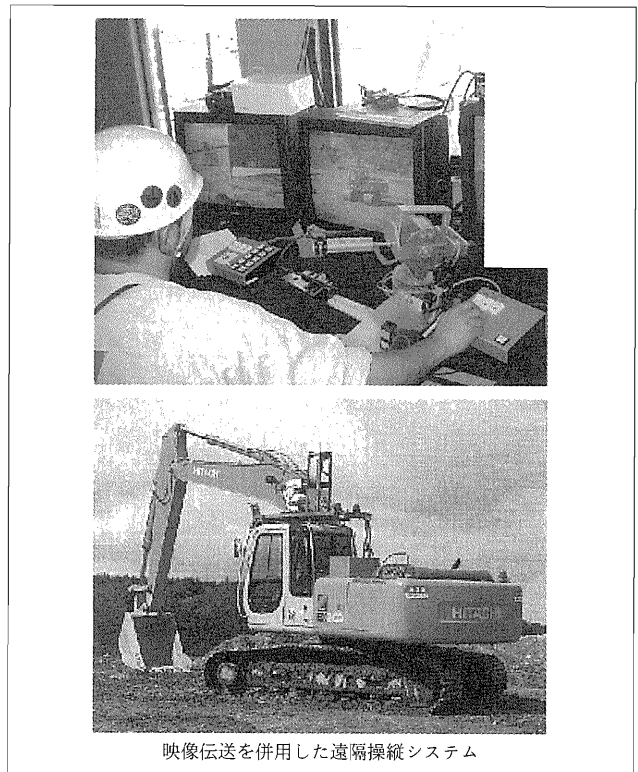


図-8 2台の建設機械の切替え操縦



映像伝送を併用した遠隔操縦システム

写真-1 遠隔操縦

ワーク内の任意の機器と機械の操縦を行える。従来は機械毎に固有の操縦桿を手繰っていたが、機能スイッチの切替えで同一操縦桿で操作可能となる。片手運転が可能で、双腕型機械の制御も容易である。

(d) ブレンモジュールの追加 (ネットワークのインテリジェント化)

モノレバーシステムは、操作部、制御部、作業部の各々にセンサやコンピュータを持たせた分散系システム (モジュール) となっている。この制御部に、角度や力の情報を共通の座標系に変換するブレンを付加し、無線ネットワークを通じて連携した建設機械群の統合的な制御、管理を行う高度な情報化施工が実現する。機械や作業装置の位置情報の分析によって、現場

- 遠隔操縦装置の知能化によって、
- ・積み込み機械をダンプトラックのオペレータが操縦する
  - ・右手で機械の遠隔操縦をしながら右手で機械搭載カメラ操作を行える (写真-1)。
  - ・操作対象機械をカメラ車に切替えてカメラ車を必要な位置に移動する
- など、作業手順に合わせて1人のオペレータがネット

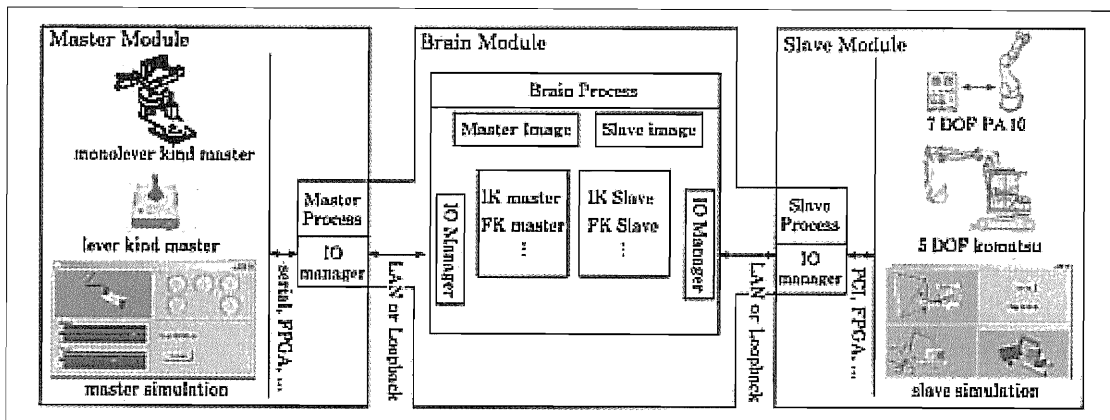


図-9 モジュール化されたシステム

全体の地形なども知ることができる。

オペレータは、操作対象機械に連動したシミュレータ画像の誘導に従って最適な操縦を行うことが可能となるばかりか、機械の動きをあらゆる角度からながめて最も運転しやすい方向から運転操作を行うことができる。図—9 に、モジュール化されたシステムを例示した。

(2) 「モノレバー型操縦装置」に想定される活用例

モノレバー操縦装置は、

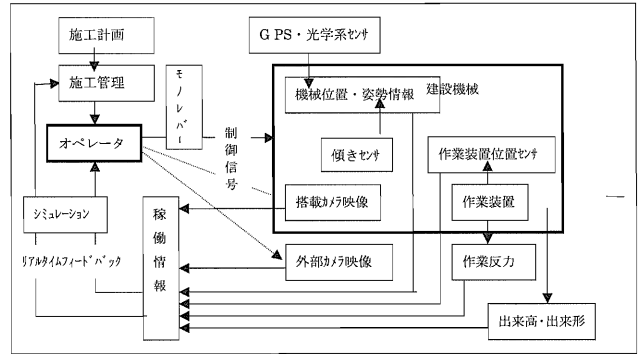
- ・ 操縦桿と作業装置の動きの相似化による操作感覚の改善を通じた運転技量の補完
- ・ 操縦桿の多機能化による作業装置の片手操作の実現
- ・ 遠隔操縦
- ・ 軌跡制御（半自動）
- ・ 操作量把握
- ・ 機械と同一の動きや作業目標を表示するシミュレーション（擬似）画像

等の機能を包含している。表—4 に、想定される活用事例と要求機能例を示した。

3. ネットワーク化による施工の統合管理

(1) 無線 LAN を用いた無人化施工による施工現場の統合管理

建設機械の操縦を行う場合に必要な制御情報、映像情報、位置等の情報を統合管理を行うことができれば、機械施工と情報化施工の融合が可能となる。図—10 に、機械の遠隔操縦を行う場合に必要な情報を統合した情報化施工のイメージを示す。



図—10 建設機械を中心とした情報化施工への展開

表—4 「モノレバー型操縦装置」に想定される活用事例と要求機能

対象作業	評価等	期待される導入成果、機能	付加される機能	求められる要素技術						開発課題、実績、ほか
				技量補完	片手操作	遠隔操縦	軌跡制御	擬似画像	操作反力	
作業全般（操縦の容易化）		未熟練者が熟練者並みの作業	初心者が簡単に操縦できる操縦桿	○					○	挿入コスト 市場の理解
作業装置の半自動化		効率化	遠隔操縦介入 操作反力で制御				○		△	微調整
法面整形、直線仕上げ		効率化、高精度化	未熟練操縦者の支援				○			図—5、図—6
立孔掘削、テレスコピック		容易、効率化、掘削土削減	同一鉛直軸を反復昇降				○		△	モノレバー実験例有
遠隔操縦（マスタ/スレーブの分離）		片手でカメラ操作、作業量の確認	作業機械とカメラの同時操作		△	○		△	○	写真—1、図—7
非搭乗型水中バックホウ		作業装置と相似操作、作業反力情報	水中トモグラフィ 機器調節要		○	○		○	○	ワンレバーでの実験例有り
作業装置の全自動化		省人化	地形と作業対象の認識				○			機械の移動
バックホウ浚渫船、揚土船、ほか		操作の容易化、効率化	半・全自動化システム		○		○		○	全自動化システム導入例有り
ハンドリングマシン	搭乗運転又は遠隔操縦	移動領域管理	工場内の重量物ハンドリング軌陸車輛	○					○	
		架線との干渉防止	軌陸車輛	○			○			
		正確な設置	ブロック積み、土嚢設置、構造物の設置、スクラップ処理等用特殊把持装置		○					○
		型枠設置（堰堤等）		△			○			
破碎装置、家屋解体等		部材損傷防止	リサイクル化のための対象物による把持力制御				○		○	自由度を増す（図—2）
コンクリート・モルタル吹付け、塗装、他		自由な動き、高精度化	対象壁に垂直に吹付け、反復動作の自動化		○		○		○	
多自由度作業機械（ロッククライミングマシン等）		1人運転、操作の容易化	複数の操縦桿の協調制御		○		○			図—8、図—9
双腕型機械			複数操縦桿の協調制御		○					
道路開鑿用バックホウ（ライフラインの埋設）		ライフライン、損傷防止	バケット先端負荷検知					△	○	触覚感度の向上

注：○：必須な機能，△：必要に応じて付加する機能

表一五 SS デジタル無線の多目的利用による無人化施工例

無線仕様	伝送情報	研究主体	実施年	文献
多重双方向無線 (対向2組)	ブレーカ装備の油圧ショベルと搭載2カメラの制御, 2映像伝送, GPS システム,	国土交通省雲仙/(株)大本組	1998	4
多重双方向無線 (対向1組)	油圧ショベルと搭載1カメラの制御, 1映像伝送	国土交通省関東地整	2001	3
無線 LAN	複数周波数帯を用いた無線 LAN 上で複数機械と搭載カメラ制御, 映像伝送	五洋建設(株) (技術審査), ほか	2003	2
有線 LAN (無線 LAN 試行)	操縦系と無人化施工支援情報の統合とシミュレーション等を用いたシステムの開発	東北大学	2003	1
有線・無線 LAN (サーバ機能付き)	7 台の建設機械, 2 台のカメラ車を有線と複数周波数帯無線 LAN で制御	国土交通省関東地整/矢沢川無人化施工	2004	
メッシュ型無線 LAN (サーバ機能付き)	複数の建設機械, 搭載カメラ, カメラ車等の無人化施工現場の実現 (現場に応じた柔軟なシステム構築)	千葉工業大学 (株)インロッド・ネット	2006	1

注：文献欄の数字は文末の参考資料の番号を示す

建設機械の遠隔操縦を行う場合に、操縦者と機械間で合理的に情報の受授を行う手法に関しては、表一五の SS デジタル無線系の多目的利用例に示されるように、多くの研究・試行例がある。

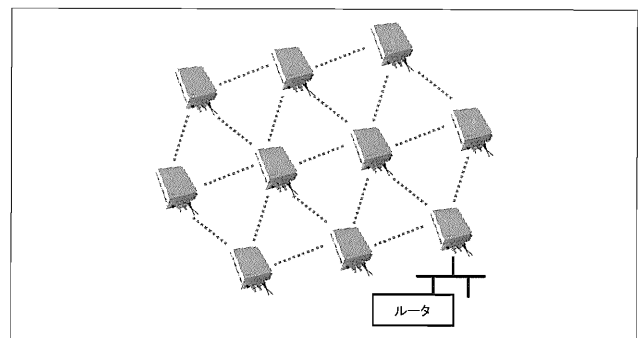
(2) メッシュ型無線 LAN を用いた施工機械

表一五の「有線・無線 LAN (サーバ機能付き)」に示した無線 LAN による施工現場の統合管理システムでは、映像系情報は無線 LAN のネットワークから除外された。情報容量の大きな映像の場合は、移動中にアンテナ切替えを行う際にネットワークとの遮断時間等が問題となったためである。

複数の高速無線 LAN アクセスポイントにより網構造 (メッシュ・ネットワーク) を形成することによって、複雑な現場地形、錯綜した機械の動きに対応できる。メッシュ・ネットワークは、ホップに伴う通信性能の低下を最小限に留めるためにマルチ無線構造を

しており、ユーザアクセス用に 1 ch, バックボーン用の上り方向に 1 ch, 下り方向に 1 ch 使用できる。複数周波数の電波を重層的に用いることによって、切れ目の無い無線伝送空間を形成できる。

機器は、ベース (電源)、ネットワークサーバ、無線、アンテナの 4 種類のモジュールに分割されている。必要に応じて無線モジュール、アンテナモジュールを



図一〇 メッシュ・ネットワーク

表一六 無線 LAN 仕様

項目	仕様		備考
	従来仕様	提案仕様	
(1) 無線部			
無線機規格	IEEE 802.11 b	IEEE 802.11 b/g/j	
出来高・出来形管理, 施工品質管理変調方式	スペクトラム直接拡散方式	スペクトラム直接拡散, 直交周波数分割多重方式	
空中線電力	10 mW/MHz 以下	10 mW/MHz 以下	802.11 b/g
周波数帯	2.4~2.497 GHz (13 ch)	2.4~2.497 GHz (13 ch) 4.90~5.10 GHz (7 ch)	
画像同時使用チャンネル数 (1 筐体)	1 ch	3 ch (2.4~2.497 GHz) 3 ch (4.90~5.10 GHz)	802.11 b/g 802.11 j
伝送速度 Mbps	1, 2, 5.5, 11	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	802.11 j/g
有線 LAN 部 I/F	10/100 Base-T	10 Base-T/100 Base-TX	
使用環境	-10°C ~ +50°C	-30°C ~ +55°C	
保存環境		-50°C ~ +85°C	
(2) 電源部			
電源	AC 100 V ± 10%	AC 100 V ± 10%	
ネットワークサーバ部			
セキュリティ	有り	有り	
通信管理	有り	通信データ管理システム開発要	情報化施工への展開



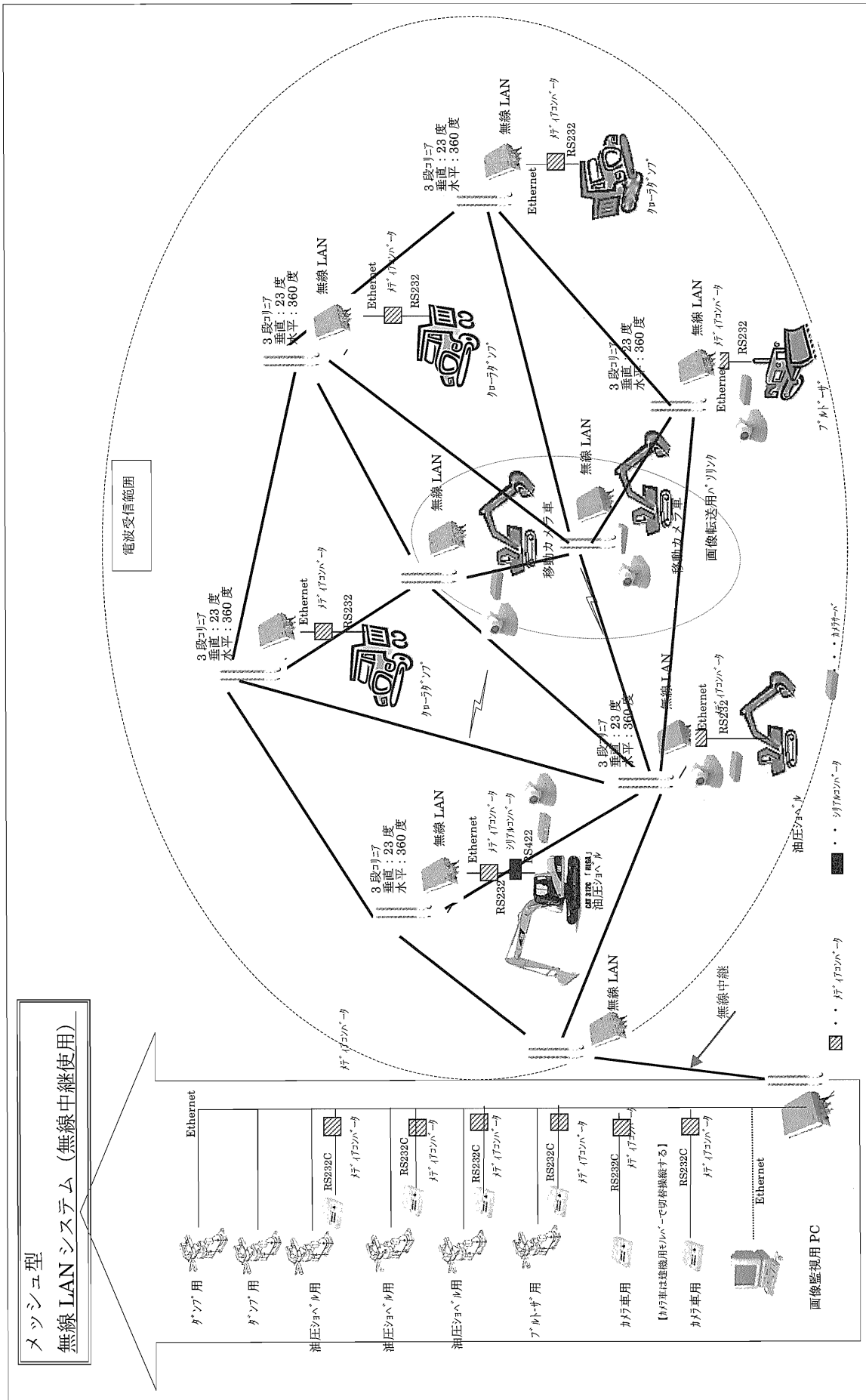


図-11 メッシュ型無線LANシステム（無線中継使用）

増設する構造となっている。アンテナモジュールには最大3個のアンテナが装着可能である。

図-10に、メッシュ・ネットワークの概念、表-6に従来型と比較した仕様例、図-11に、表-5の「有線・無線LAN（サーバ機能付き）」例の現場にメッシュ・ネットワーク型無線システムを導入した場合の無線系統図を例示した。

#### 4. おわりに

TCP/IPプロトコルの採用によって、建設機械がネットワークの端末と位置づけられることとなり、機械の稼働に係わる情報の共有を通じて、1台の機械の最適運転から機械群の最適化が容易に行える環境が整った。

1994年に始まった、長崎県雲仙・普賢岳の防災工事以来、遠隔操縦型建設機械を用いた無人化施工が全国で150件採用された。無人化施工の実現により、従来は機械の運転室に孤立して搭乗していたオペレータが、遠隔操作室で同僚と肩を並べ、相談をしながら現場の機械を操作している。本報文ではこの情報の共有を更に高度化するための仕組みを提案した。読者の参

考になれば筆者らの望外の喜びである。

JCM A

#### 《参考文献》

- 1) 中野栄二・久武経夫：油圧ショベルのイーゾオペレーション化のための操作装置，建設の施工企画，pp.16-22，2005.02
- 2) 杉本英樹：無線LANを用いた無人化土工システムの開発，建設物価 臨時増刊，pp.29-34，2003.01
- 3) 小笠原 保・持丸修一：統合無線システム，建設の機械化，pp.55-59，2002.03
- 4) 藤沢秀行：SS デジタル無線による無人重機制御，公開講座 建設の最新無線技術，建設無線協会，1999.11

#### 【筆者紹介】



中野 栄二（なかの えいじ）  
千葉工業大学  
未来ロボテックス学科  
学科長  
工博



久武 経夫（ひさたけ つねお）  
株式会社インロード・ネット  
代表取締役

## 建設工事に伴う 騒音振動対策ハンドブック

「特定建設作業に伴って発生する騒音の規制に関する基準」（環境庁告示）が平成8年度に改正され、平成11年6月からは環境影響評価法が施工されている。環境騒音については、その評価手法に等価騒音レベルが採用されることになった等、騒音振動に関する法制度・基準が大幅に変更されている。さらに、建設機械の低騒音化・低振動化技術の進展も著しく、建設工事に伴う騒音振動等に関する周辺環境が大きく変わってきている。建設工事における環境の保全と、円滑な工事の施工が図られることを念頭に各界の専門家委員の方々により編纂し出版した。本書は環境問題に携わる建設技術者にとっては必携の書です。

#### ■掲載内容：

- 総論 （建設工事と公害，現行法令，調査・予測と対策の基本，現地調査）
- 各論 （土木，コンクリート工，シールド・推進工，運搬工，塗装工，地盤処理工，岩石掘削工，鋼構造物工，仮設工，基礎工，構造物とりこわし工，定置機械（空気圧縮機，動発電機），土留工，トンネル工）
- 付録 低騒音型・低振動型建設機械の指定に関する規程，建設機械の騒音及び振動の測定値の測定方法，建設機械の騒音及び振動の測定値の測定方法の解説，環境騒音の表示・測定方法（JIS Z 8731），振動レベル測定方法（JIS Z 8735）

#### ■体 ■定

裁：B5判，340頁，表紙上製  
価：会 員 5,880円（本体5,600円） 送料 600円  
非会員 6,300円（本体6,000円） 送料 600円  
・「会員」本協会の本部，支部全員及び官公庁，学校等公的機関

## 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289

# Webとデータベースを用いた新しい施工管理手法の紹介

古 屋 弘

我が国の土木施工におけるITの活用は、CALS/ECの推進およびコンピュータの現場への普及と高性能化に伴い、近年各方面で実施され報告されている。この目的の一つに、電子化による施工管理の効率化と維持管理へのデータの継承、すなわち横断的な情報活用がある。この中で施工中の情報活用に関しては、品確法の施行により、施工者側の自由度の高い技術提案が可能になった反面、その性能を施工プロセスの中で迅速に証明するうえで重要度が増しつつある。これは、これまでの施工管理と共に、施工業者と発注者が共にデータの有効利用を検討して行く必要があることを意味している。

本報文では上記のような背景を踏まえ、情報共有と迅速な施工管理を行うツールとして、Webとデータベースを用いた土工事を対象とした新しい施工支援システムを構築し、現場適用を行った事例の報告を行うと共に、適用における問題点も併せて報告するものである。

キーワード：Web, 土工事, 重機施工, 情報化施工, 3Dプロダクトデータ, データベース

## 1. はじめに

建設工事においては、構造物を構成する材料や構造といった要素技術分野の学術的研究の進歩を背景に、設計の高度化と信頼性向上が進み、性能規定を取入れた設計法が各分野で取入れられつつある。

これらは、所定の品質の構造物を工学的観点から合理的に設計することにより、研究者、設計者が意図する、しないにかかわらず、最終的にコスト縮減が目的となっている部分が多い。

一方、施工技術も弛まない技術開発により、設計に基づき良い製品（構造物）を安く、早く完成させることができるようになり、コスト縮減に寄与している。このような環境下で、建設産業における技術開発は、単一の工法開発から情報化施工を含むシステム開発へ移行してきた。近年ではCALS/ECの取組みによる電子情報を用い、調査、計画、設計、施工、管理段階も含めた一連のプロセスの中での効率化を行う<sup>1)</sup>という観点から、情報化施工も定義が広範囲になりつつある。

この動きとは別に、平成17年4月に施行された「公共工事の品質確保の促進に関する法律」(品確法)<sup>2)</sup>によって、施工者にとって新しい技術を土木工事に提案する機会が増える反面、厳格な品質管理を要求され

ることとなった。すなわち、このことは工事における自由度が高くなりつつある反面、施工者の責任も大きくなるが、それは監督する者にとっても判断と評価の高度化が要求されることを意味する。

これらの動向は、土木工事の性能規定化への移行を示唆しており、このとき情報化施工は施工管理において重要なツールとなりうると思う。近年では土工事におけるGPSやトータルステーションを用いた転圧管理システム等、各種の高度な施工管理システムが実用化されているが、土木工事の特徴であるプロセス管理を厳格に行うためには、従来型の施工管理を行うか高度な施工管理を行うかに関わらず、迅速なデータ処理とデータ共有が重要である。

今回紹介する施工支援システムは、上記のような観点からデータベースを施工管理に利用し、データ交換にWebシステムを利用し、現場で発生する情報やデータを効率的に管理する一つの試みとして開発したものである。

## 2. 新しい観点からの情報化施工の必要性

情報化施工は上述のような性能規定化に向けての取組みと共にCALS/ECと共に、土木においては当初紙媒体の排除とデータ伝達の合理化を中心とした電子化を図ることとして導入され、「施工の合理化をはか

る」とともに、情報の流通を円滑にし、「コンピュータや通信技術などを活用した合理的な生産システムの確立」することによる省力化を目的として導入されつつある。しかし、他産業の状況と比較したとき、土木工事において次のような問題があることが分かる。

製造業等ではCAD等の異種ソフトウェア間でのコンテンツ作業を可能とするデータの運用ルールが整備されているのに対し、土木分野では、設計と施工・施工管理の間で、共通のデータを再活用することを想定した電子納品の標準化が現在のところ考えられていない。土木工事を一つのプロジェクトとして捉えた場合、構造物完成までに多くのプロセスがあるが、各プロセスで構造物の機能を満足させるための管理が行われており、この管理において取扱うデータは一過性のものが多いため、共通データを使う利点は発生しないためであると考えられているからである。

こうした背景もあり、データの共用、再利用は進んでいない。しかし、図-1、図-2に示すように、情報（データ）が共有でき、それらが容易に利用できるとするならば、情報共有のメリットを施工中のみならず建設プロジェクトにおける各プロセス段階で享受でき、施工の合理化や新しい電子発注、納品の方法への展開が期待できるものとする。さらに、建設環境を取巻く環境変化にも十分対応し、構造物管理や災害時にも有効な情報を容易に効果的に取出し、活用するこ

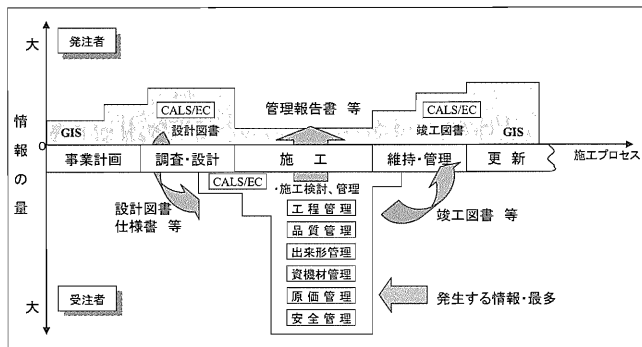


図-1 施工プロセスの中で発生する情報量の変化 (模式図)

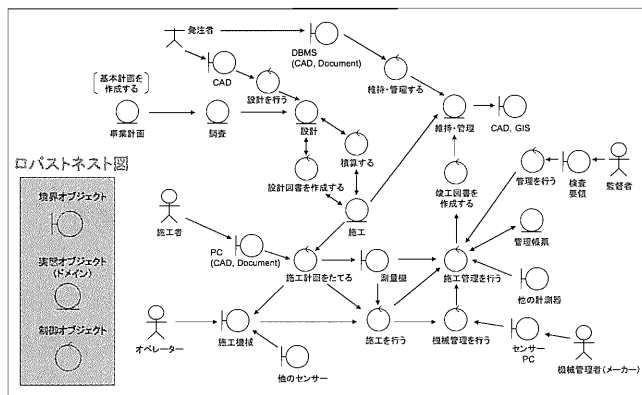


図-2 施工プロセスと情報連携 (模式図)<sup>3)</sup>

とも出来る可能性がある。

### 3. 新しい情報化施工の試み

2章で述べた観点からいわゆる「情報化施工」というものを見直し、情報化施工の意義を踏まえて施工者が導入を始めている「新しい情報化施工の取り組み」を実装例と共に紹介しよう。なお構築したシステムは、土木工事の施工管理を目的としたものである。以下にシステムの概要を述べる。

#### (1) Web-GISを用いた施工管理システム

##### (a) システムの概要

建設プロジェクトの中では施工時に発生する情報が非常に多いことから、これらを整理し有効に施工管理に生かすためのシステム構築を目標としたシステムがWeb-GISを用いた施工管理である。具体的には、これまでの現場施工における情報管理の問題点を抽出し、以下の目標を掲げた。

##### ①工事情報の一元管理による効率化

- ・迅速なデータ（図面、図書）へのアクセス
- ・ライフサイクルでの横断的なデータの活用

##### ②ユーザーのアクセシビリティ向上

- ・地図を用いた直感的なインターフェイス
- ・担当者以外でも簡単に情報にアクセス

##### ③高品質な施工管理の実施

- ・リアルタイムな情報伝達による高品質な施工管理が行える環境の提供
- ・工事事務所内のみならず関連部署との情報共有を図る

##### ④作業環境の改善

- ・ITを駆使した先進的な生産現場のイメージ転換を図るとともに、作業・労働環境を改善

##### (b) システム構成

土木工事の施工管理システムの構成を図-3に、機能概要を図-4に示す。システムは、拡張性、運用の柔軟性（ユーザーに特別なハードウェア、ソフトウェアを要求しない）、メンテナンス性（特にデータの収集とその管理）に関する得失を考慮し、Web-GISを用いたシステムとした。

Web-GISの利用のメリットは、運用の柔軟性であり、メンテナンス性の良否は、実際の利用者の負荷に大きく影響する。すなわち、GISによる施工管理システムを利用するにあたり、特別なソフトウェア等が必要であったり、ハードウェアの制約等がある場合、その利用者は制限を受け、そのためメンテナンスも低



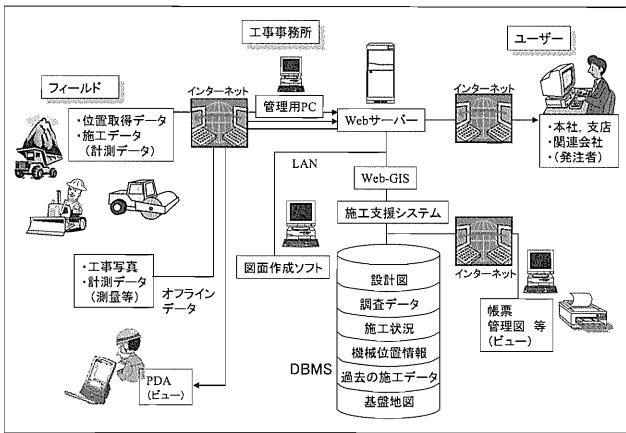


図-3 システム構成 (実装例)

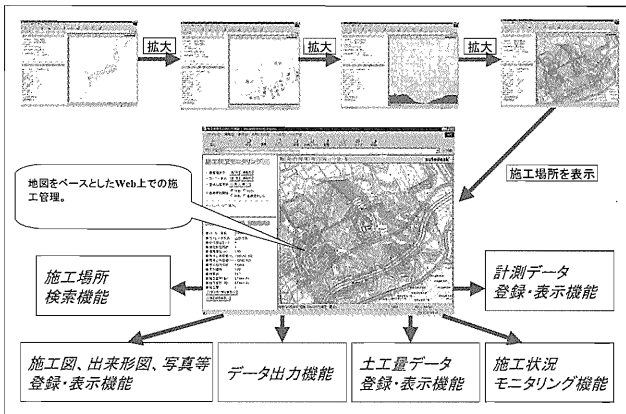


図-4 Web-GISを用いた土工施工管理システム機能概要

下する。

図-4に示したような機能を維持するにあたっては、現場で日々発生する情報を更新し、データベースに保存し、ユーザーがそれを活用することが重要な条件となる。これが阻害された場合、システム構築の目的が達成できず、施工管理システム導入のメリットを享受できないことになる。

このような点を考慮し、データ共有を容易に行うインターフェイスとしては、現在のようにインターネットが日常的に利用できる状況においては、Web-GIS、すなわちWWWを利用したシステムは、Webブラウザがある環境であれば誰でも利用することができ、システムのプログラム修正もサーバのみで済むため保守も容易であるというメリットがある。さらに、現場の職員が実際のフィールドに出てからもデータの参照が出来るよう、PDAの利用も考慮したシステムにしたが、この点もWWW利用のメリットである。

(2) 3Dプロダクトデータを用いた重機施工支援システム

(a) システム概要

Web-GISの利用よりも、より積極的に重機施工支

援やデータ管理を行う情報化施工のシステムとして、「3Dプロダクトデータ」による施工管理システムの運用も行っている<sup>4),5)</sup>。

システムは物理的にはサーバを中心とした事務所側の基幹システムと、重機側の移動体に搭載するシステムで構成され、現場に無線LANネットワークを構築し、リアルタイム通信の可能な環境を構築した。当現場では、品質管理に対するシステム化を主目的としたことから、ターゲットとする施工機械はブルドーザおよび振動ローラである。

(b) システムの目標

現場適用システム(アプリケーション)を構築するにあたり、今回はターゲットとするサービスを以下の4項目に絞り、現場に適用することとした。

① 施工管理

工事における施工管理は、工程・品質管理をはじめ、種々の管理項目があり、この管理を行うための多くの情報が施工プロジェクトの中で発生し利用されている。今回紹介する事例は空港造成やフィリダム盛立てという大規模な土工現場における適用であり、重機に関しては重ダンプトラック、ブルドーザおよび振動ローラが施工の主体となる。

施工支援に関しては、③「機械施工サービス」において述べるが、施工管理では品質管理と出来形管理、および施工計画作成支援を行うことを目標としている。品質管理に関しては加速度解析による締め固め管理

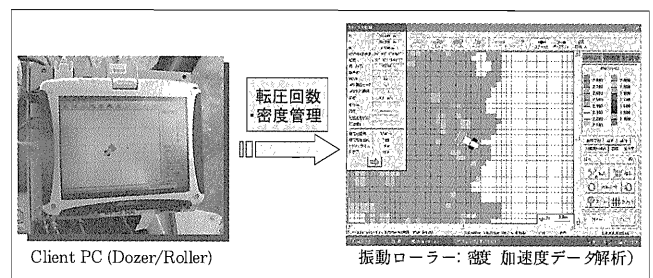


図-5 車載PCと管理画面

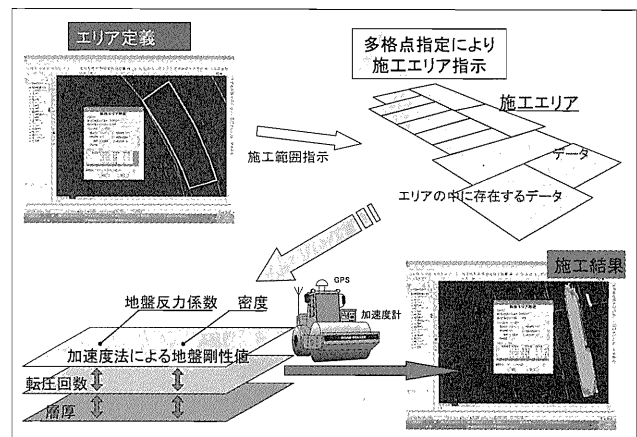


図-6 施工計画支援 (エリア設定)

( $\alpha$ システム)<sup>6)</sup>を行うこととし(図-5), 出来形管理は移動体に搭載するシステムにおいてGPSによる重機の軌跡管理システムを利用し, 重機の施工結果から取得した空間情報を用いて, 転圧結果をデータベースに保存し利用している。

なお, 重機の施工結果から得られる出来形は, 当然GPSの計測精度に依存することから, 精度の高い出来形計測は従来の手法を適用するものとする。また,

施工計画作成支援は図-6に示すように3Dデータを用いて各重機に対して施工エリア等の割当てを行うものである。

②監督検査

このサービスは施工者においては監督者(または発注者)に施工管理データ等を提出することが主体となる。基本的に本システムで扱う帳票は, 品質管理, 出来形データとなるが, それらのデータは施工中に取得

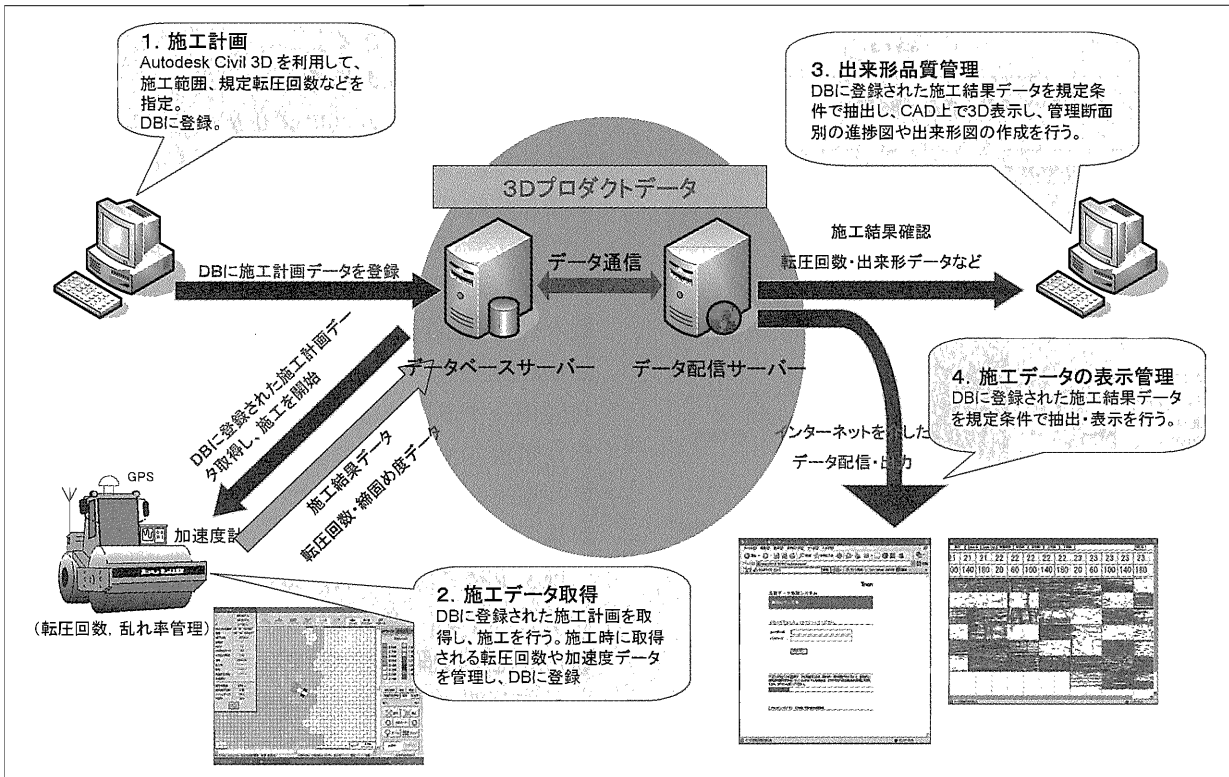


図-7 システム構成(利用モデル)

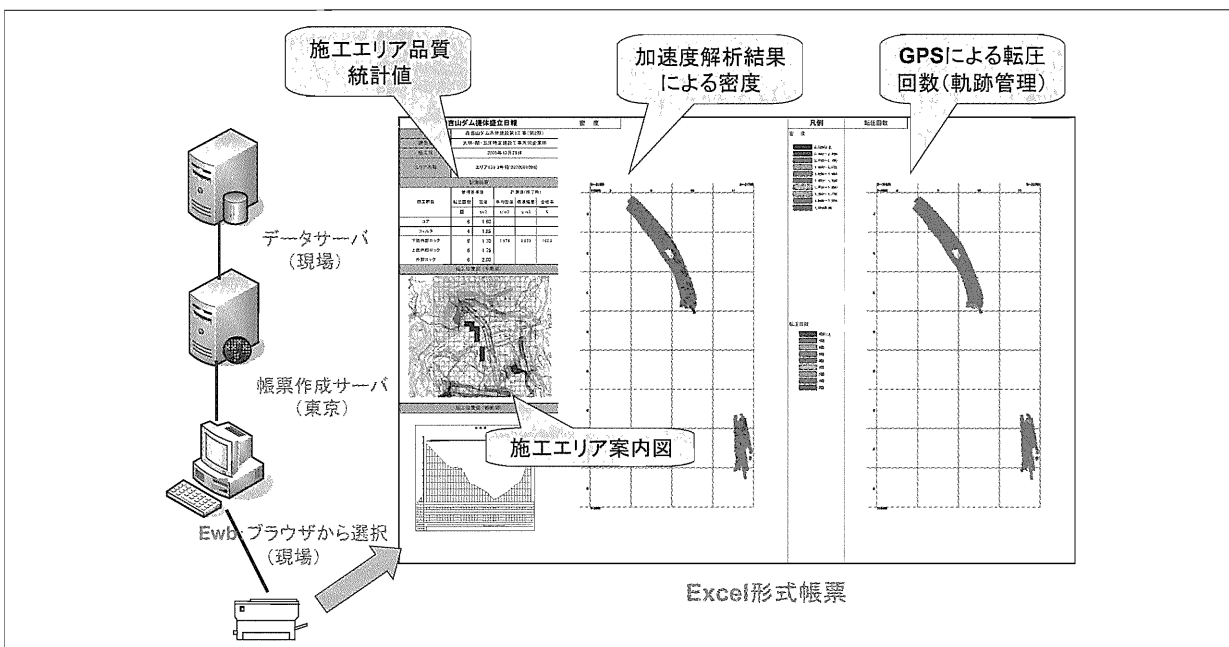


図-8 Webを用いた帳票作成システム

されたデータをデータベースに格納後、必要なデータを取り出し利用している。基本的に3Dデータをデータベースに格納し、3D-CADをインターフェイスとして利用しているため、任意の帳票出力が可能である。

図-7、図-8示す出力例のように、ユーザーの負荷を減らすため、あらかじめ帳票のテンプレートを作成し、メニュー上から簡単な選択で出力が可能なシステムとした。

### ③機械施工（重機土工）支援

本システムにおける重機施工支援サービスとしては、重機オペレーションのサポートを行っている。施工管理の中の施工計画作成支援サービスで作成したデータを、無線LANを用いて各重機に配信し、施工指示を行うものである。本システムにおいては対象とする重機はブルドーザと振動ローラとし、重機オペレータに対して以下に示す施工支援が行えるシステムとした。システムのオペレータ席でのモニタ例を図-5に示す。

- ・無線LANを用いた重機土工のネットワーク化
- ・3D-CADとデータベースを用いた重機連携管理
- ・振動ローラに対して施工エリアを指示し、所定の施工（工法規定）にて転圧支援（転圧エリア、転圧回数、加速度解析データによる品質管理）を行う
- ・出来形の取得（概算出来形の自動取得）

### ④環境保全と安全

このサービスは本システムで直接的に対応はしていないが、重機の稼働状況のモニタリングが無線LANによりリアルタイムに行えることと、加速度解析による品質の自動取得の結果、重機土工の作業中に品質管理等の作業を行う必要がなくなり、安全管理に結果的に寄与することとなった。

#### （c）システム構成

振動ローラのみを対象としたシステムの構成を図-7に示す。当該システムはデータベース2台（現場事務所1、本社1）、クライアントPC1台、重機搭載の管理システム（重機台数）、および無線LANシステムで構成している。

データ作成には3D-CADを施工支援用にカスタマイズしたプログラムをインストールした管理クライアントPCを工事事務所に設置し、サーバ（事務所内および東京）とLANで接続している。作成したデータはデータベースサーバに登録、蓄積し、重機オペレータは作業開始時にシステムを起動すると、無線LANを介して自動的に施工エリア情報を取得する。

3Dデータを利用し施工計画を作成できることから、職員は工程計画と実作業を検討しながら作業計画を作成し、先々の作業計画を蓄積することができるという

メリットもある。また、転圧管理（振動ローラ）に関しては、従来行われているGPSを用いた転圧回数管理（メッシュによる軌跡管理）のほか、加速度データを用いての品質管理情報も取得するため、面的な品質管理を行い、そのデータをデータベースに蓄積し3D情報として活用することで、品質管理の高度化と共に竣工後の維持管理データとしての利用も可能となっている（図-6）。

本システムを利用し、各重機オペレータは自車に搭載されたシステム上でサーバからの施工指示を取得し、その指示に従って整然と施工を行うことが可能となる。施工範囲の施工が終了すると施工完了の信号と共にデータを送り、新たに施工エリアを取得するという施工の繰返しを行うことができる。

なお、本システムは無線LANの採用によりサーバと重機はデータ交換を行っており、管理クライアントPCは施工現場にあることから、急な施工順序の変更や、重機の故障等による施工途中での重機間のデータ交換（重機の交代）も容易に行える等、柔軟な運用も可能なシステムとなっている。また、重機とサーバ間のデータ交換は、初期データ（施工エリア）取得に関して一時的に連続して行わなければならないが、施工（結果）データは無線LANの状態をモニタリングしつつ、データトラフィックの平準化を図るため、最短の場合、10秒間隔でデータをサーバに送信している。

帳票に関しては、現場のサーバに蓄積したデータを1日に1回本社のサーバと同期を取り、そのサーバ内で帳票の基礎データを作成し、Web上のブラウザにて任意のデータを抽出することにより、図-8のような帳票を簡易に作成するシステムを導入している。なおシステムの標準では50cmメッシュの管理を行っており、1日に数十万点のデータが蓄積されるが、それらは最短1時間で帳票化され、定型化された帳票出力のほか、任意の場所での確認と出力が可能である。

## 4. ま と め

建設分野におけるCALS/ECもはや10年近くが経過し、事業プロセスの各段階間における情報交換に関しては電子納品等の普及により成果が顕れつつある。今後は、各段階において実利的な（費用対効果を含めた）成果を情報技術活用して如何に導きだすかが重要なテーマとなろう。その際の視点として以下の点が挙げられる。

- ①情報化施工の導入事例で示したように、今後は従来  
の人間対人間のデータ共有から機器（機械）対人間、

機器対機器などのマルチな情報交換が進むことが考えられる。これは、情報利用者間（機器も含む）で共通した明確な情報モデルの必要性和従来からの図面等の情報表現にはおのずと限界があり新たな表現形態の必要であることを意味している。プロダクトモデル等のデータアーキテクチャの重要性が増大している。

②Web および無線 LAN 等の情報通信技術の進展に伴い、野外フィールドでも安価に十分なネットワーク網の構築が可能となることが期待される。これを十分に活用できるシステムがより多くの成果を生み出すことが想定される。

③施工時において必要なデータを自動的に取得し、また蓄積できることから、実行結果と計画値の定量的な評価等、これらのデータ分析による新たな技術的知見の創出が期待される。

④技術を「形式知」化（ソフトウェアへの実装）することにより、例えばマネージメント分野等において技術の継承と省力化が期待される。そのためには個人の情報リテラシーの向上が重要である。

今回の実施例は、上記のようなコンセプトを実現化しようとしたシステム構築および現場での運用例となる。Web の活用により情報共有が容易となり、3D プロダクトデータをデータベースを用いて管理することは、図-7 に示すような様々なデータの活用が可能であることから、新しい施工管理のあり方（土木における BPR (Business Process Reengineering)：新しい管理・監督技術)、を考える一つの手がかりとなる

ものとする。その反面、取得したデータは時として膨大となることから、必要とされるデータの取捨選択や集約、またそれらのデータの継承や活用方法（GIS 等との連携）はよく検討すべきである。さらに情報化施工に係わるコスト負担に関しても、今後考えていく必要がある。

ここで述べた事例が、新しい施工管理の手法の一つとして読者の参考になれば幸いである。 JCM A

#### 《参考文献》

- 1) 「情報化施工のビジョン—21 世紀の建設現場を支える情報化施工—」について、国土交通省総合政策局、2001 年 3 月。  
[http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha01/01/010330\\_.html](http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha01/01/010330_.html)
- 2) 例えば、公共工事の品質確保の促進に関する法律（品確法）/北陸地方整備局、<http://www.hrr.mlit.go.jp/gijyutu/hinkaku/top.html>
- 3) 土木学会土木情報ガイドブック制作特別小委員会編、土木情報ガイドブック、pp.184~190、2005 年。
- 4) 古屋 弘・千葉洋一郎：3D プロダクトデータを用いた土工事施工支援システムの開発と現場適用、第 29 回情報利用技術シンポジウム論文集、Vol.13、pp.243~250、2004.10。
- 5) 古屋 弘：3次元プロダクトモデルを用いた土工事施工支援システム、建設の施工企画、No.674、pp.35~40、2006.4。
- 6) 古屋 弘ほか：加速度計を利用した締固め管理システムにおける解析手法の比較、第 54 回土木学会年次学術講演会、pp.666-667、1999.9。

#### 【筆者紹介】

古屋 弘（ふるや ひろし）  
株式会社大林組  
土木技術本部技術第 1 部  
情報化施工グループ  
グループ長



## 絵で見る安全マニュアル 〈建築工事編〉

本書は実際に発生した事故例を専門のマンガ家により、わかりやすく表現しています。新入社員の安全教育テキストとしてご活用下さい。

#### ■要因と正しい作業例

- |          |        |         |
|----------|--------|---------|
| ・物動式クレーン | ・電動工具  | ・油圧ショベル |
| ・基礎工専用機械 | ・高所作業車 | ・貨物自動車  |

A5判 70頁 定価 650円（消費税込） 送料 270円

### 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289



## 3次元マシンコントロールシステム

小林 一年

日本国内では、重機に設計データを搭載して施工することを「情報化施工」という名前で知られているが、海外では、約十年前に情報化施工が始まり3次元マシンコントロールシステム(3DMC)として知られている。ライカが組む3DMCの概要、国内施工実績、対応する重機について紹介するとともに、3DMCを導入する場合の問題点について以下に述べる。

キーワード：3DMC、情報化施工、土工重機、舗装重機、油圧制御、設計データ入力、作業効率

### 1. はじめに

本誌の読者の中には、ライカ・ジオシステムズ(以下、当社)について馴染みがない方も多数存在すると考えられるためライカについて簡単に説明しておく。ライカは、カメラで有名なブランドであるが、決してカメラメーカーが測量機を造り始めたわけではない。ライカの前身であるWild(ウイルド)という老舗の測量機メーカーが、1990年にヨーロッパの測量機メーカーと合併し、合併に伴い社名が変わりライカ・ジオシステムズが誕生したのである。

その歴史(図-1)は、1921年に高性能セオドライトT2で始まり、トータルステーション(TS)にモータ及び自動視準・追尾機能を搭載した製品を1995年に開発し、更に進化を遂げている。

GPSは1984年に米国の軍事産業で活躍するマグナボックス社のGPS部門を買収して、現在はGPSだけでなくロシア衛星Glonassにも対応したGNSS対

応受信機として進化している。また、2005年には測量業界においては技術革新となるTSとGPSを一体化したスマートステーションを発表した。

ライカの3DMCは、これらの高性能の自動追尾型TSやGPSをセンサとして活用し開発されている。TSやGPSは、メーカーが違っていても余り変わらないと思う方もいるかもしれないが、精度や再現性を考えた場合に全く異なるものである。特にマシンの位置を決定するためのセンサとして使用されるTSやGPSは、最後の仕上げ精度を考えた場合、ごまかしがきかない重要な部分である。当社は、ベースとなるTSまたはGPSにも自信を持って提供している。

### 2. 3DMC対応可能な重機

ライカが3次元で制御できる重機は大きく分けると二つになる。一つは、土工に使用される重機、もう一つは、主に舗装に使用される重機である。

#### (1) 土工重機(写真-1)

土工重機は、ブルドーザ、モータグレーダ、そして油圧ショベルに対応が可能である。ブルドーザ&モータグレーダは、油圧を制御して排土版を自動的に制御するフルオートシステムでオペレータは走行のみに専念すれば、整地、路盤が仕上がる。しかもフルオートのためブルドーザであれば3速ギアで、モータグレーダであれば2速ギアで走行可能である。

油圧ショベルのシステムは、2次元で油圧ショベルのガイダンスを行うMC200 Diggerと回転する油圧ショベルの位置を正確に取得するために重機本体に2

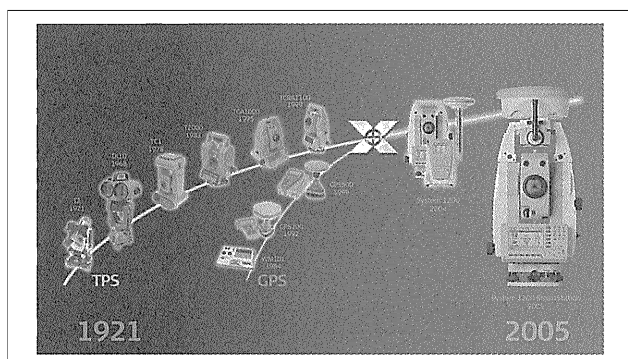


図-1 ライカジオシステムのTSの歩み

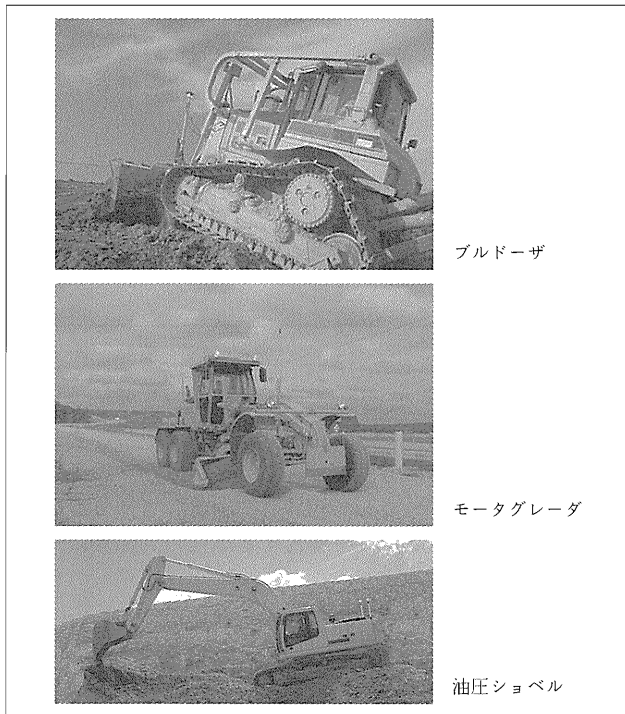


写真-1 土工重機

台のGPSを搭載している。この組み合わせにより、DigSmart3Dは複雑な動きをする油圧ショベルでも操作を簡単にするガイドシステムである。

## (2) 舗装重機 (写真-2)

舗装重機は、スリップ・フォーム・ペーバやアスファルト・フィニッシャ (AF) に対応する。スリップ・フォーム・ペーバはコンクリートを型枠なしでコンクリート舗装ができる特殊な重機である。主な用途は、空港の滑走路やエプロン、道路のコンクリート舗装などが挙げられる。カーブ&ガッタは、縁石や側溝の施工、トリマは下層路盤の切削に使用する重機である。

これらの重機を3Dコントロールできるのはライカだけで、このマシンの制御は、高さおよび水平のみでなく、ステアリングも自動制御するため完全な自動走行での施工を行っている。AFも3Dコントロールが可能だが、我々の今までの実績では、AFは3Dより2Dの方が実用であると考えており、3Dコントロールについては更なる技術開発が必要であると考えられる。

## 3. 国内での事例

### (1) スリップ・フォーム・ペーバ (カーブ&ガッタ)

写真-3が国内で初めてL型側溝を施工した製品の仕上がりの状況である。

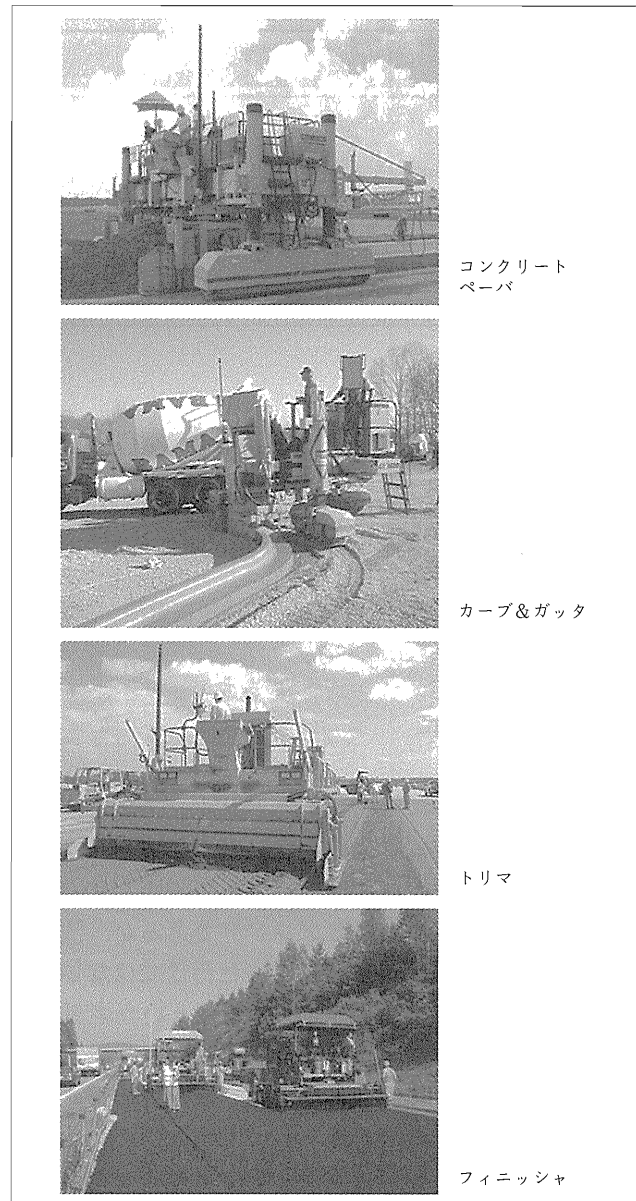


写真-2 3次元対応可能な重機

前章(2)舗装重機で説明したように、この機械の制御は、水平位置、高さだけでなくステアリングも含めた完全な自動走行で施工を行っている。写真-3か

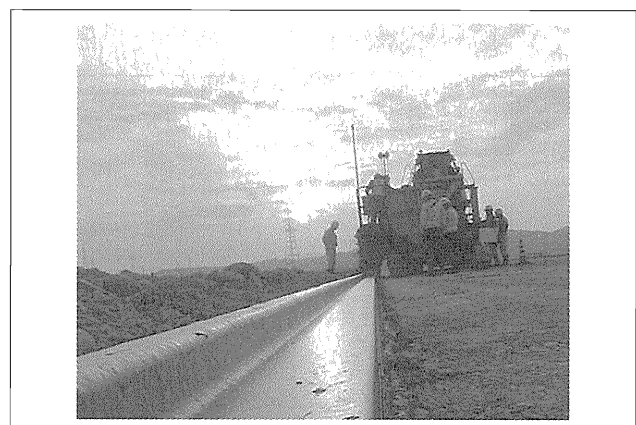


写真-3 カーブ&amp;ガッタによる3DMC

ら製品の出来上がりが分かるが、L型側溝の通りがしっかり通っていることが分かる。この結果は、水系を張らずに重機搭載されている設計データという目に見えない水系を使用して仕上がっている。

(2) モータグレーダ

写真-4は、高速道路でインターチェンジも含む現場であった。複雑な線形を形成するインターチェンジで3DMCを使用することは非常に意味のある施工であることを再確認した。

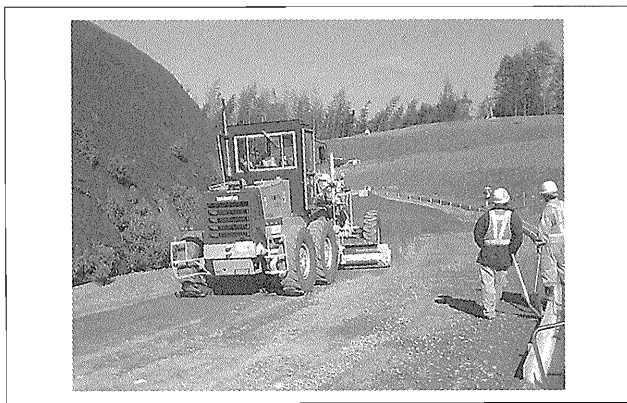


写真-4 モータグレーダによる3DMC

縦断勾配約5%、カントがある状況で通常であれば出来形の確認を細かく行う必要があるが、この現場では細かくチェックすることなく施工できた。

熟練オペレータが少なくなるなか、操作の難しいモータグレーダの仕事は無くならないと思われる。3DMCを導入すれば筆者でも、前後進さえできれば、作業が可能である。

実際に3DMCを導入した場合の作業効率は、この現場で従来の方法で施工した場合、1日当たり材料のボリュームに換算して2,000 m<sup>3</sup>の施工が標準であったが、3DMCを導入することで2倍の4,000 m<sup>3</sup>の施工を行うことができた。もっとも、現場の段取り次第では3倍の6,000 m<sup>3</sup>まで施工が可能という現場の評価を受けた。

4. 3DMCの概要

(1) 作動原理

3D制御の実際を図-2に示す。

- ①設計データはあらかじめ3次元CADよりマシンのPCへ転送する。
- ②マシンの位置出しを行うために自動追尾型TSでマシンに設置したプリズムを12 Hzで測定する。図-2では、TSを使用しているが、ブルドーザやグ

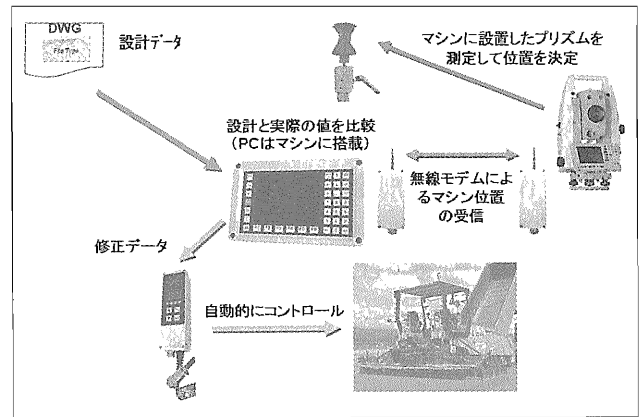


図-2 3Dコントロールはどのように作動するか?

レーダでは、GNSS (GPS)を使用することも出来る。

- ③無線を使用してマシンの位置座標をMPCへ送信する (GNSSの場合は必要なし)。
- ④設計データと実際のブレードまたはスクリーンの値を比較する。
- ⑤修正データをコントローラに送る
- ⑥自動制御する。

(2) 設計データの入力 (図-3)

情報化施工という話が出ながら、なかなか具体性が見えない設計データの転送について簡単に触れておく。当社の3DMCシステムでは、基本的に3次元CADでの出力が可能なフォーマット、DWG, DXF, LandXML X-Slope, LandXML String-based を3DMCソフトウェアに転送することが可能である。

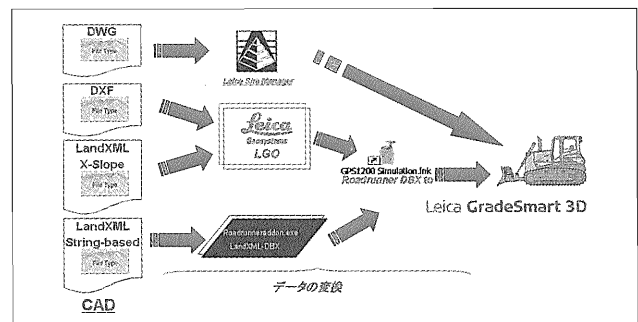


図-3 データの入力プロセス概要

国内で行った事例をもとに2次元と3次元設計データの場合のデータ転送作業の違いについて説明する。前章の国内事例(2)節で説明したモータグレーダの現場では、設計データが従来の2次元と高さの状態のままのため、数日の時間をかけて3次元データを作成した。一方、前章(1)節スリップ・フォーム・ペーパーの現場では、民間工事だったために設計データは、最初から3次元データで作成されていた。実際にデー

タを作成するための時間は1時間程度である。また、もし、設計変更があった場合でもその日に対応が可能である。

### (3) 作業工程の削除 (図-4)

3DMCを導入することにより作業工程の削除が可能になる。従来作業では、測量を行い計画し、丁張り、水系作業を行っていたが、3DMCを使用することにより丁張り水系作業が要らなくなる。また、重機の排土版やスクリーンを油圧制御して自動コントロールするためオペレータは走ることに専念でき、手動に比べて作業の向上が計れ、トータルで20~50%程度以上の作業効率が計れる。

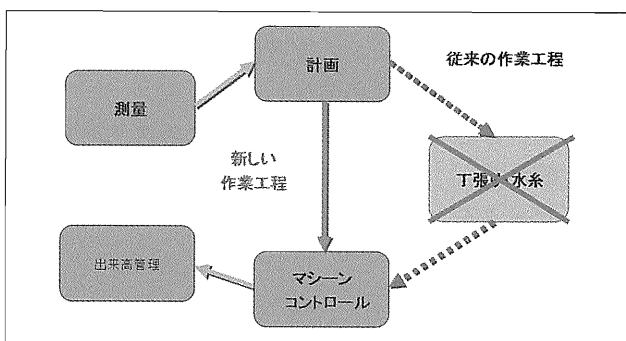


図-4 作業工程の削減

### (4) 出来形の確認 (図-5)

施工の確認方法は、作業中は3DMCの出来形確認プログラムでTSまたはGNSSを使用して仕上がりを確認する。また、施工後の確認も3次元のDTM (Digital Terrain Model) データを光波に転送して、光波を使用することが可能である。

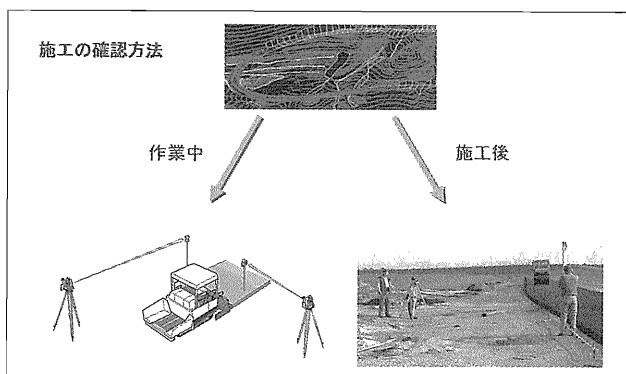


図-5 作業工程の削減-確認

## 5. 3DMCを導入するメリット

3DMCを導入した場合のメリットは、次のように列挙できる。

- ・再作業を少なくする事による生産性の向上：1回での正しい作業。
- ・安全性改善：重機の周りに人は必要ない。
- ・時間節約：測量作業などを待つ必要がない。
- ・簡単な測量作業のために技術者に頼る必要がない。
- ・効率改善：杭打ちの必要がない。
- ・利用改善：設計から作業までのデータの流れはシンプルである。
- ・エラー削減：情報は一度の入力で十分である。
- ・現場での不必要な移動の削減。
- ・夜間や状況の厳しい現場において重機活用の増加を計ることができる。

## 6. おわりに

最後に3DMCを情報化施工として活用するうえでの問題点等にも触れてみる。約5年前に国土交通省から建設CALS/ECをベースにした「情報化施工のビジョン—21世紀の建設現場を支える情報化施工—」が発表された。重機の3DMCについてフォーカスした場合、残念ながら導入が成功しているとは言えない。導入を難しくしている理由は次の3点に集約できる。

- ①3DMCを導入した場合にどのくらい効率が計れるかが不明確。
- ②設計データが3次元で提供されない。
- ③出来形管理のための丁張り・水系が必要である。

項目①については、既に本報文にて3DMCを導入した場合の導入メリットについて述べてきたが、各関係者が広く体感するにまだまだ至っていないのが現状である。一方、海外の事例を挙げれば、北欧圏の国々は、8年前に政府が発注する工事について油圧ショベルのマシンコントロール (MC) を使用することを義務とした結果、2次元システムが4,000台、3次元システムが1,000台納入されている。一般的にコストや効率意識の高い欧米でMCシステムの活用状況を考えた場合、日本においても早くマシンコントロールが使用する環境を整え、現場の生産性の向上が計れることが望まれる。

JCMA

### [筆者紹介]

小林 一年 (こばやし かずとし)  
ライカジオシステムズ株式会社  
ニュー・ビジネスグループ  
マネージャー



# 新3Dカメラによる地形計測への応用

山口 博 義

最近応用が広まり始めている情報化施工において、施工の対象となる地形形状を如何に簡単に、短時間で、高精度に取得するかが重要となる。コマツエンジニアリング株式会社（以下、当社）で開発した新3Dカメラは、従来の写真測量で不可欠であったターゲットの設置を不要としたものであり、従来と比べて容易に、かつ、高速に計測対象の3次元形状を取得できる。

本報文では、この3次元形状復元写真測量システム（以下、新3Dカメラ）の特徴とこれを地形計測に応用した計測事例を紹介する。また、後半では、GPS等の最新の技術と組合わせた今後の地形計測技術についても紹介する。

キーワード：情報化施工、写真測量、デジタルカメラ、トータルステーション、新3Dカメラ、GPS、建設機械の目、3D計測車

## 1. はじめに

3Dカメラとは、カメラで異なる方向から撮影し取得した複数の画像を用いて計測対象の3次元形状を復元する写真測量システムである。複数画像から3次元形状を復元するためには、

- ・撮影したそれぞれのカメラの位置・姿勢を如何に高精度に特定するかという課題
- ・ステレオ処理と呼ばれる画像内各点の対応点探索の問題を如何に高速に処理するかという課題

の両方とも解決する必要がある。

従来の写真測量では、前者のカメラの位置、姿勢の特定のために座標が既知のターゲットを撮影範囲内に複数設置する準備作業と、各ターゲットの画像上での位置を後処理で求める解析作業が必要であった。また、後者の対応点探索はステレオ処理の計算量が膨大であり、計算時間が非常に長くなってしまいう問題があった。

コマツエンジニアリング株式会社（以下、当社）で開発した新3Dカメラは高精度トータルステーション（以下、TSと呼ぶ）と高解像度デジタルカメラを一体化させることによりカメラの位置、姿勢をターゲットなしで簡単に特定するとともに、専用の処理ソフトを開発することにより高速なステレオ処理を実現し、情報化施工で対象となる広い範囲の地形形状の高精度な計測を可能とした。

## 2. 他の計測手法との比較

地形を計測する計測手法には多くの種類があるがそれぞれに一長一短がある。TSやGPSは高精度であるが基本的に1点計測であり移動しながらの計測となる。また、スキャン式のレーザは高精度で多点計測ではあるがスキャンに時間を要するため移動しながらの計測は難しく価格的な問題もある。

一方、写真測量は他の計測手法と比べると計測精度は劣るものの多点計測であり離れた場所からの最低2箇所からの撮影で広い範囲を一度に計測できる。しかし、従来のターゲット式による写真測量では準備作業と解析作業に時間を要する。

また、もう一つの写真測量の手法としてカメラヘッド式がある。これは複数のカメラを固定した状態で使用するものであり、事前にカメラの位置関係を求めておくことで計測対象の3次元形状を容易に取得できる。ただし、カメラ間隔をあまり大きくすることができないため長距離の計測には向かない。また、撮影した時点でのカメラの位置・姿勢は不明であり複数の結果を統合することが単独ではできないという特徴を持つ。

新3Dカメラは、従来の写真測量の長所を活かしながら、短所を改善したものと言える。これら計測手法の特徴を比較したものを表-1に示す。

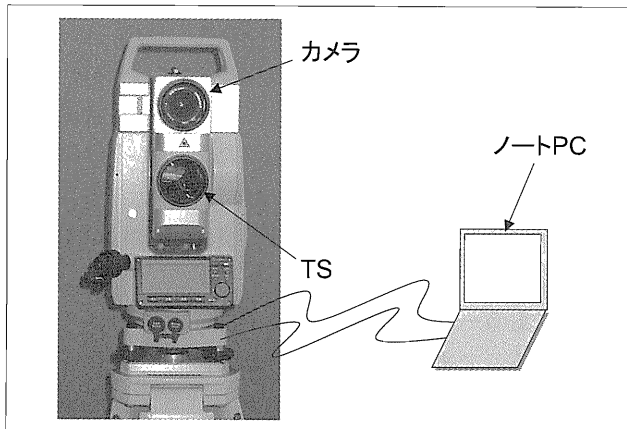


表一 新3Dカメラと他の計測手法との比較

項目	TS	GPS (RTK 式)	レーザ (スキャン式)	従来の 写真測量	新3D カメラ
計測点数	× (1点)	× (1点)	○ (多点)	○ (多点)	○ (多点)
計測作業 時間	× (要移動)	× (要移動)	○	× (要ターゲット 設置)	○ (ターゲット 不要)
計測精度	◎	◎	◎	○ (計測距離に 依存)	○ (計測距離に 依存)
画像との 融合性	×	×	△	◎	◎
価格	○	△	×	◎	○
座標系 の統合	◎	◎	△	△	◎
総合判定 (広域地形 計測)	△	△	△	△	○

### 3. 本システムの構成

図一1に本システムの構成を示す。装置の上側のデジタルカメラは300万画素のCMOSカメラを、下側のTSには測距精度±0.6mm、測角精度±1秒の1級TSを使用している。また、レンズは変更可能であるが、標準で焦点距離6mm(画角約60deg)を使用している。なお、カメラとTSの位置関係およびレンズ歪等のカメラの内部パラメータは事前の校正で高精度に求めている。



図一1 新3Dカメラシステムの構成

この装置を外部のノートパソコンで制御してカメラの撮影とTSの測距・測角を行い、画像とTS情報を自動で取込む。本システムの操作者は、パソコンの画面上で実際の画像を確認しながら作業を行う。また、その場で、解析結果を確認しながら測量作業を進めることができる。

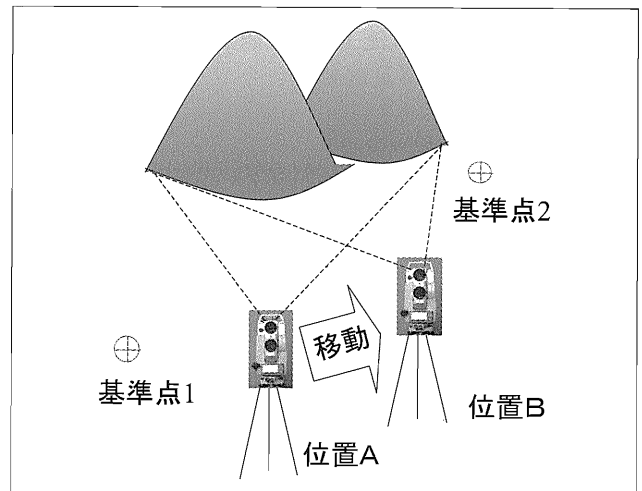
### 4. 本システムの測量手順

本システムによる測量手順を以下に示す(図一2)。

[手順]

- ①位置Aで基準点2点を視準し、計測対象の撮影を行う(必要があればパノラマ撮影を行う)。
- ②位置Bに移動し、基準点2点を視準し、同様に撮影を行う
- ③現場で解析(その場で解析結果を確認)

上記は一領域の測量手順であるが、広い現場では装置の位置を移動しながらこの作業を繰り返す。また、各基準点は3次元の現場座標を有しているので、各領域の測量結果は同一の現場座標であり統合した結果を現場ですぐ確認することができる。



図一2 測量手順

### 5. 本システムの測量原理

本システムでは、TSで基準点2点を視準し、後方交会法によりまずTSの位置を求め、これから一体化されたカメラの各撮影時の位置、姿勢を特定している。

撮影時のカメラの位置、姿勢が分かれば、各画像上の対応点を指示できれば三角測量の原理に基づき計測対象の3次元位置を推定できる。しかし、対応する数百万点を1点ずつ手入力で指示することは不可能である。

そこで、本システムでは画素毎に類似した模様を自動探索する対応点探索を高速・高精度に実現できる専用の処理ソフトを開発し、一度に数百万点の測量を短時間で処理できる。

図一3に本システムの計測の原理について説明した図を示す。この例では基準カメラに写った一つの計測対象(車中の人)の座標を求める問題であるが、図を

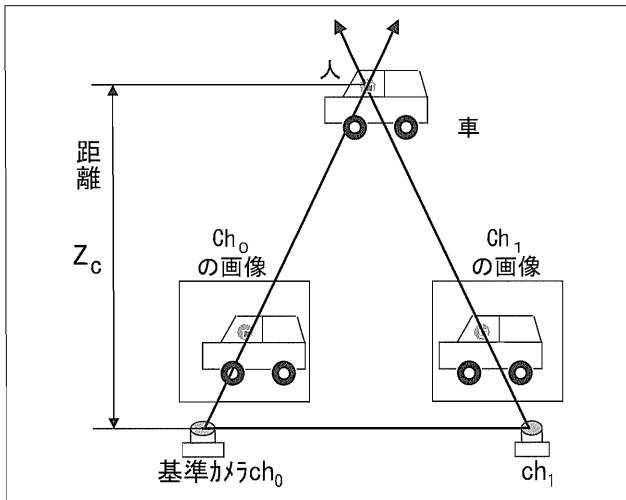


図-3 本システムの計測原理

用いて簡単に説明する。ここでの前提は、各カメラの位置・姿勢は正確に分かっており、画像からはレンズ歪が完全に消去されていることである。また、投影面は実際にはレンズ後方にあるが、話が分かりやすいようにレンズの前方に置いて考える。なお、計測対象はレンズ中心と画像上の対応点を結ぶ直線上に存在するが、どの距離に存在するかは不明である。

本システムでは、基準カメラの計測対象までの距離を仮定して計測対象の空間座標を仮決めし、これから別のカメラで写るべき画素位置を特定し、その周辺の

模様を比較し模様の類似度を算出する。もし、仮定した距離が間違っていれば異なった模様となり基準カメラの模様（車中の人）と大きく異なる。本システムでは、この仮定する距離を少しずつ変更していき、模様の類似度が最も大きくなる距離を真の距離とする。

この処理を画素毎に繰り返すことにより、すべての画素に対する3次元座標を推定する。なお、この対応点探索の計算量は膨大であるが、本システムでは条件にも依存するが数十秒から数分での高速演算を実現した。なお、この演算方法は、二つのカメラでも成立するが複数のカメラを利用すれば計測の信頼性を更に向上させることができる。

## 6. 地形計測の例

本システムを用いて道路、トンネル、採石場の地形を計測した例を紹介する。

### (1) 道路の計測例

図-4に工事中の道路の計測例を示す。この例では約50m離れた地点から計測した長距離計測の結果と、約10m離れた地点から計測した複数の近距離計測の結果と、これらを統合した結果を示す。

図中の距離画像は各画素に対応する計測対象のカメラからの距離を意味するが、各画素は現場座標として

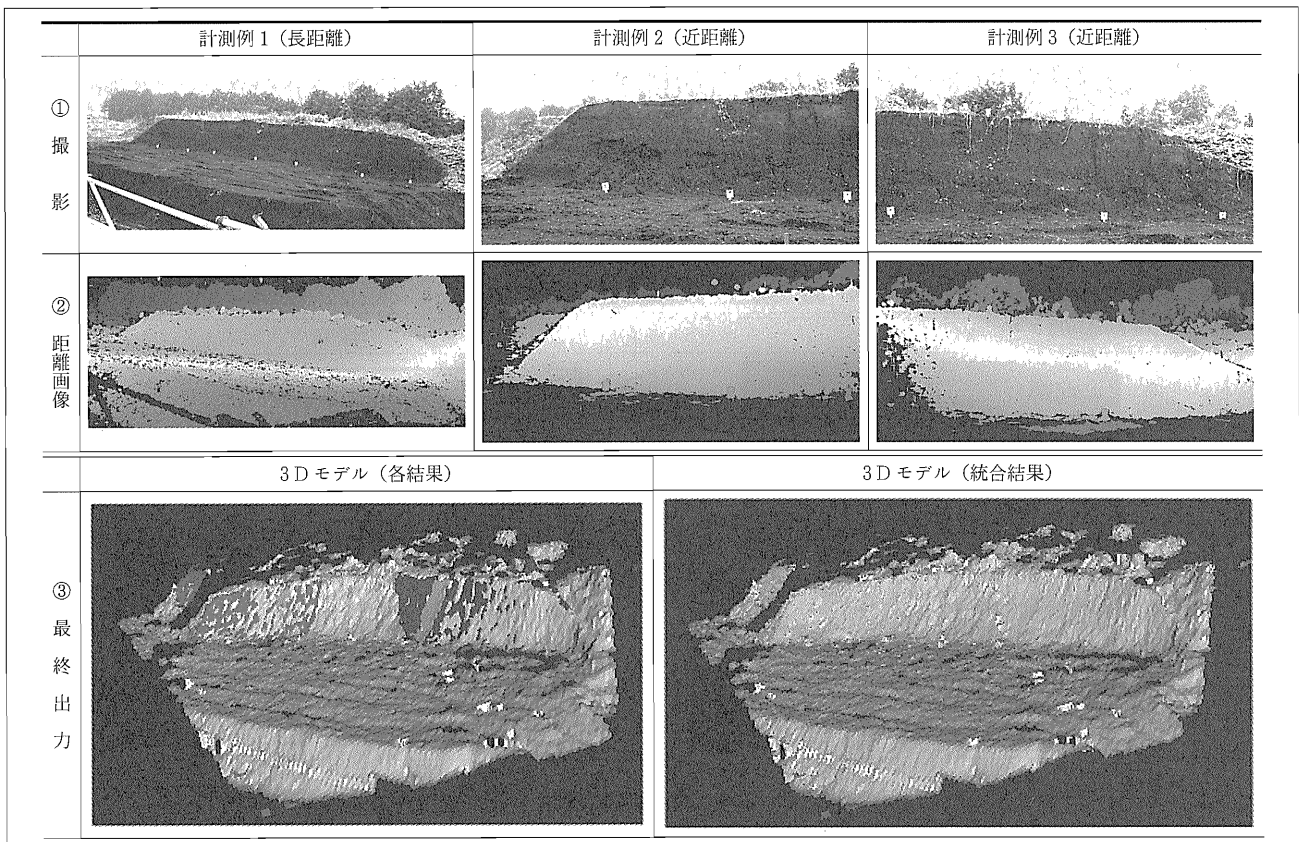


図-4 道路計測の例

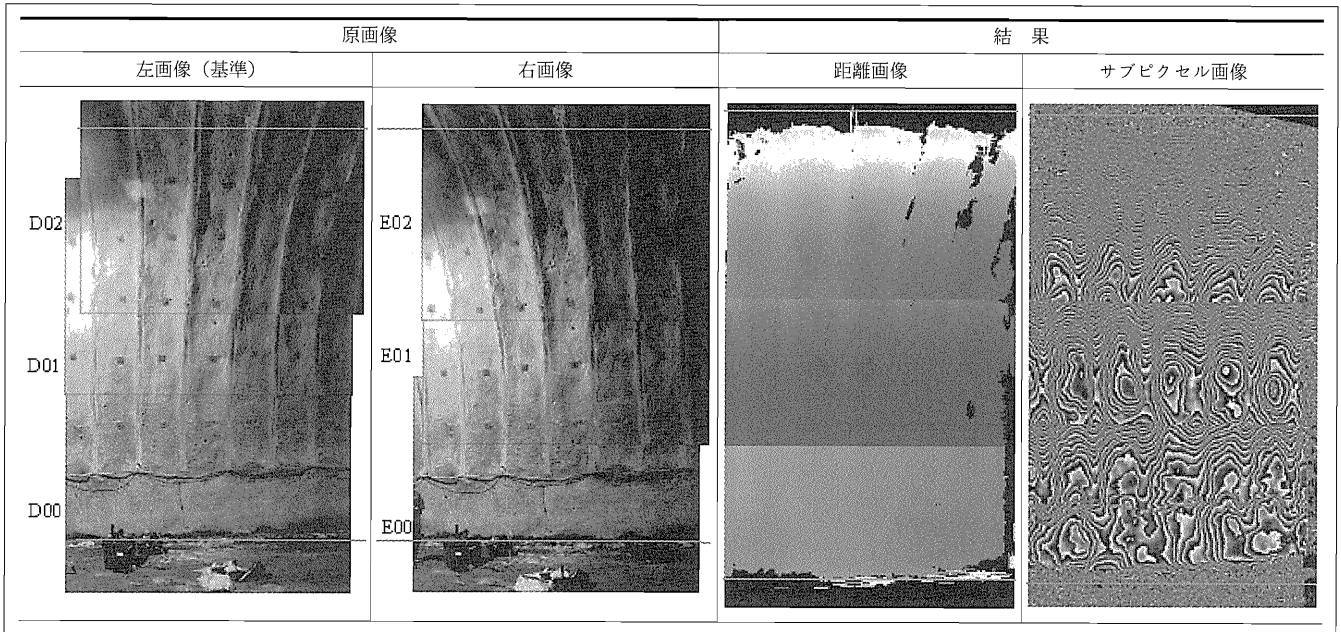


図-5 トンネル計測の例

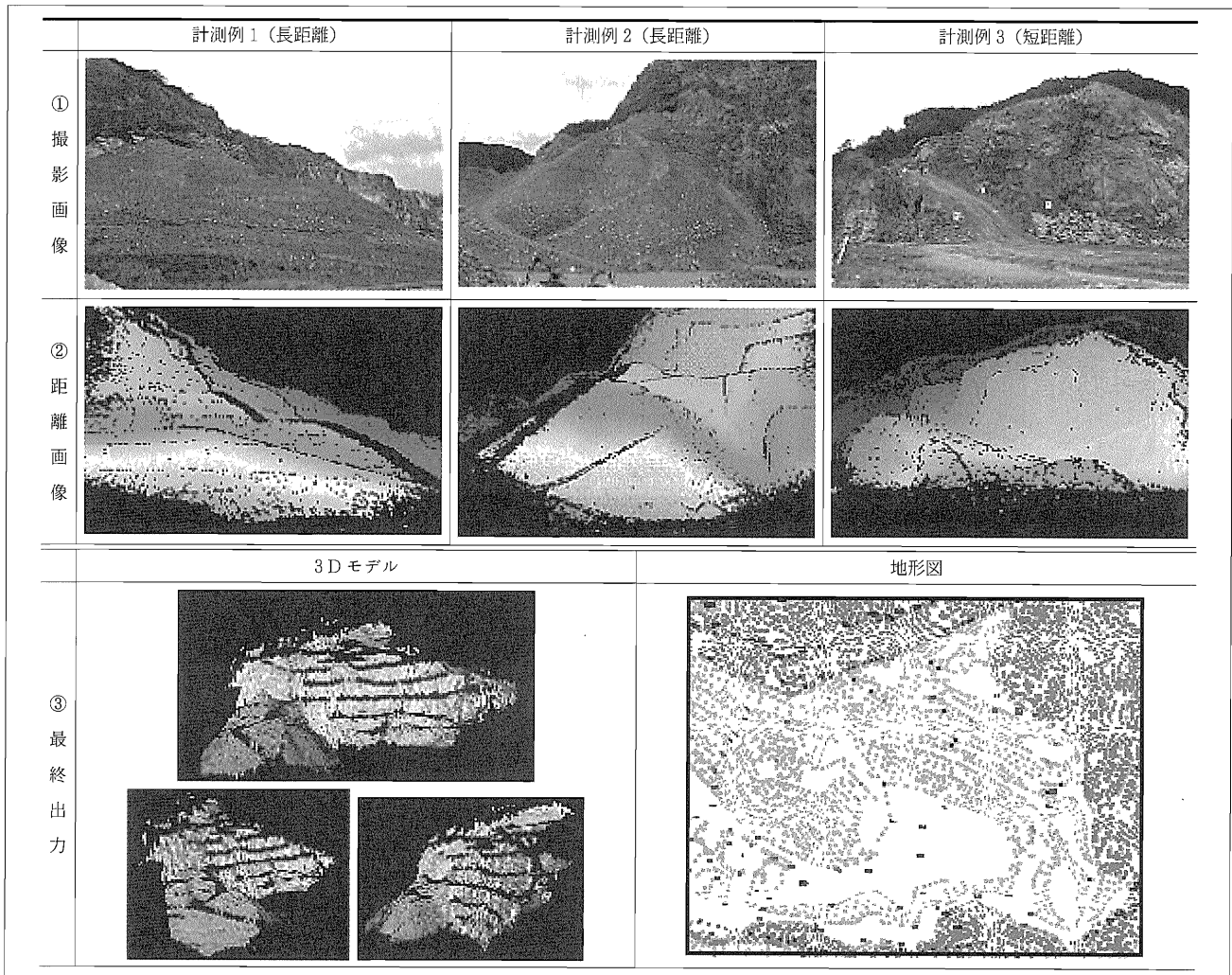


図-6 採石場計測の例

も表現される。それゆえ別の位置で計測した結果でも同一の現場座標として統合でき3次元モデルを作成することもできる。

いったん3次元モデルを作成すれば、任意の方向からこのモデルを立体視することができ、3次元形状を容易に確認することができる。

### (2) トンネルの計測例

図—5にトンネル壁面の計測例を示す。この例では約8m離れた地点からパノラマ撮影を行い、結果を統合した。

図中のサブピクセル画像はカメラからの等距離線図を意味し、距離画像だけでは分かりにくい3次元形状を詳細に捉えていることが分かる。また、任意の場所での断面図を容易に取得することも可能である。

### (3) 採石場の計測例

鉱山や採石場は、施工領域が非常に広く、また地形がどんどん変化するため迅速な地形計測が必要となる。図—6に採石場での計測例を示す。

この例では複数箇所からの計測を行い、山全体の3Dモデルを作成した。この3Dモデルから法尻と法肩の位置を推定することも可能である。

## 7. 計測精度

本システムの計測原理は前述のとおり三角測量であるため、計測精度は計測対象までの距離とカメラ間の距離に依存する。そこで、問題の要求精度に応じて計測距離とカメラ間の距離を決定する必要がある。なお、本システムでは近い距離の方が計測精度には有利であるが、計測範囲が狭くなることには注意が必要である。

表—2にカメラ間隔を変えた場合の計測精度を示す。

表—2 計測精度

標準レンズ：焦点距離6mmの場合

カメラ間 距離	計測距離/奥行き精度 (垂直面内精度)*							
	5 m	10 m	15 m	25 m	35 m	80 m	112 m	160 m
1 m	±0.2	±0.8	±1.8	±5	…			
2.5 m	—	±0.3	±0.8	±2	±4	…		
5 m			—	±1	±2	±10	…	…
10 m				—	±1	±5	±10	…
20 m					—	±2.5	±5	±10

\* 単位：cm，—：計測不可，…精度低下

## 8. 今後の地形計測技術

ここでは、モータ駆動式 TS や、ジャイロ等の最新の技術と組合せた今後の地形計測技術について紹介する。

### (1) モータ駆動式 TS との組合せ

新3Dカメラは手動式の TS を用いているが、モータ駆動式の TS と組合せることにより操作性が更に向上する。

例えば、前述のトンネル計測のような場合、手動式では長い距離を抜けなく計測するのは難しいが、モータ駆動式を用いればトンネルの設計データを考慮してパノラマ撮影の向きを自動で制御でき、効率的に計測作業を進められる。

また、モータ駆動式の新3Dカメラ2台を固定した位置に設置し、連動して制御すれば、広範囲の連続計測や監視にも応用できる。

### (2) GPS との組合せ

ここでは前述の「2章 他の計測手法との比較」の中で紹介したカメラヘッド式とGPSとを組合せた例を紹介する。

カメラヘッド式は前述したように単独では撮影した時点でのカメラの位置、姿勢が不明であるとともに近距離での計測にしか利用できない。

しかし、位置を特定するGPSと傾き角度を特定するジャイロとの時間管理をうまく行えば、撮影した時点でのカメラの位置、姿勢を特定することができ、各計測結果を統合することができるようになる。また、カメラヘッドを機械に搭載することで機械周辺の計測対象は近距離であり十分に高い精度が得られるため、建設機械の目として制御に応用できる。

図—7に、建設機械に2眼カメラヘッドおよびGPS、ジャイロを搭載した例を示す。

この例では、巡回しながら撮影を行い施工前後の地形形状を比較することで土量を算出できる。これは独立行政法人土木研究所が実施している「ロボット技術を利用した施工システムの研究プロジェクト」の中で、テストを現在実施中である。

また、図—8に3眼カメラヘッドとGPS、ジャイロを計測車に搭載し、時速80kmで走行しながら撮影を行い3次元情報を取得する計測車システムを示す。

この計測車では、道路周辺のビルや信号機、白線などの地物の3次元座標を世界座標(緯度、経度、標高)

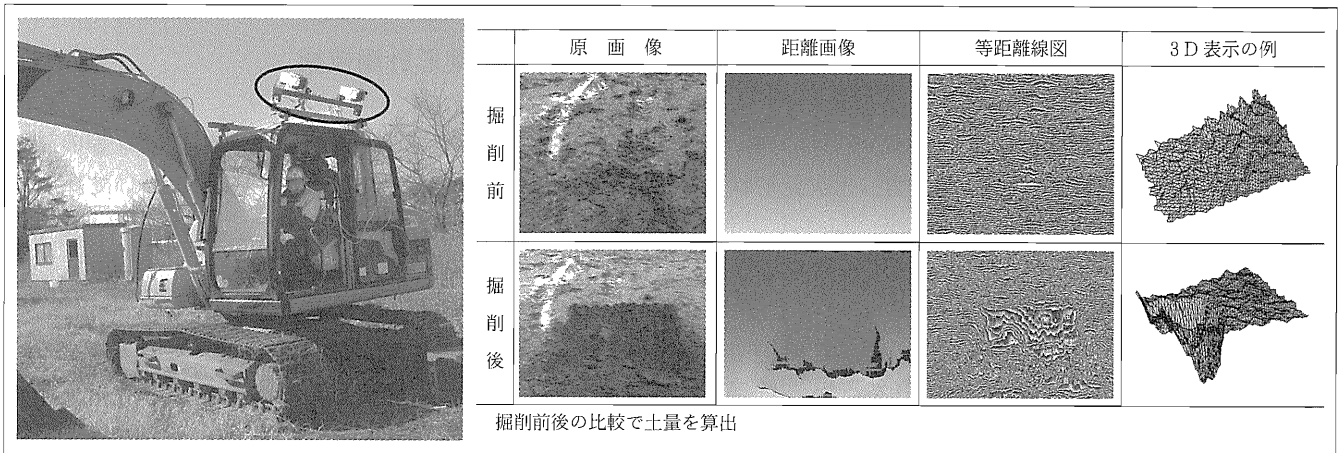


図-7 GPS との組合せ（機械の目）



図-8 GPS との組合せ（計測車の目）

カーに搭載すれば地形計測にも応用できる。

### 9. ま と め

本報文では、主に新3Dカメラを地形計測に応用した事例を紹介した。情報化施工では、施工前の地形計測、施工中の現況管理、仕上げの検査、施工後の保守までのすべての場面において地形や建設物の形状を正確に捉え管理していく必要がある。

本報文の中で紹介したように世の中には様々な計測手法があるがオールマイティなものはない。そこでユーザは、現状においては場面に応じて最適な計測手法を使い分ける必要があると考える。

私どもは、これからも高解像度化されていくデジタルカメラを用いて高精度化やステレオ処理の高速化を図り3Dカメラの技術を進化させていくだけでなく、最新の別の技術との融合を行いながら新しい計測システムを今後も開発していく予定である。

JCM A

#### 【筆者紹介】

山口 博義（やまぐち ひろよし）  
 コマツエンジニアリング株式会社  
 メカトロシステム事業部  
 計測エンジニアリング部  
 新商品開発課  
 技術担当課長



で取得できる。これは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の助成事業を受けて開発したものであるが、このシステムをオフロード



ずいそう

## レインボーブリッジの思い出

富澤修次



先日テレビドラマを見ていたら、その導入部で空撮によるレインボーブリッジの夜景が映し出された。隣で見ていた妻がその美しさに感心していたが、私もこの吊橋の基本計画を立案した当時のことがなつかしく思い出された。もう25年くらい前のことであり、記憶も怪しくなっているが当時のことを思い出すまま書いてみたいと思う。

なぜ吊橋を採用したのかであるが、制約条件の第一として航路をまたぐ570mのメインスパンをクリアする橋梁形式として斜張橋と吊橋が主な候補となった。しかし、架橋地点は当時事業がスタートした羽田新空港に近いため空域制限を受け、斜張橋では主塔がこの制限を大きく超えてしまうことが分かった。また、海側には史跡のお台場が、陸側には倉庫群があるためサイドスパン側は直線部を長く採れないことも斜張橋の採用を見送った理由の一つである。その結果、主塔高さを斜張橋に比べて低くでき、サイドスパンも自由度がある吊橋を主として検討に入る事になった。

メインスパン570m、サイドスパン114m、主塔高さ128m（航路高50m）という諸元だけを見ると本四架橋のメインスパン1,000～2,000mクラスの長大吊橋に比べ規模的にははるかに小さく感じられる。しかし実現にあたってはまだ大きな課題を解決することが必要であった。それは東京港という軟弱地盤の上に吊橋が成立するかということであった。架橋地点は軟弱な沖積土が40m以上堆積しその下には支持層として土丹層（粘土が固結したもの）が存在する。ご存知のように吊橋は橋桁をメインケーブルで吊り、ケーブルの張力は主塔を経て巨大なコンクリートの塊であるアンカレイジに定着されるのが一般的である。アンカレイジにはメインケーブルからの大きな張力が作用するため底面の反力は一様ではなく台形分布になる。そのため通常の構造物であれば堅固な支持地盤として期待できる土丹層でもアンカレイジのように何十万トンという巨大な構造物が載った場合には長期的に不等沈

下を起こし吊橋が傾いてしまわないかという懸念である。そこで大掛かりな地質調査（海上ボーリング）を実施し土丹の変形性状を調べることになった。

このコラムはなるべくやわらかい話題をとということなので海上ボーリングでのエピソードを一つ。

海上ボーリングは鋼管製のやぐらを海上に設置しやぐら上の作業台で行う。当時ボーリングが所定の深さまで行われたかをチェックする検尺という作業が私の日課の一つであった。ある日検尺に行くとやぐらがふらりと揺れることがあった。作業員いわく「このやぐらはなぜか揺れやすいんですよ」。数日後、現場責任者からやぐらが転倒し作業員が海上に放り出されたとの連絡が入った。幸いにも作業員は岸まで泳ぎ着き無事とのこと。原因はやぐらの鋼管がほとんど腐食してしまい、首の皮1枚の鉄と中に詰まった貝殻で荷重を支えていたことが分かった。人命には影響なかったものの何百万円もするPS検層の機器は文字通り海の藻屑と消えてしまった。

その後、海上ボーリングで採取した土丹のサンプルを用いた長期のクリープ試験により土丹の変形性状を把握するなど様々な検討を行い、結論としてアンカレイジは斜め方向に数十cm変形する可能性はあるが吊橋の構造で十分吸収できることが判明した。私とレインボーブリッジとの関わりはこのへんまでであったが、その後多くの方々の努力で橋は無事完成しアンカレイジもほとんど変位していない。

何年かして私は明石海峡大橋の現場で本四公団の方から説明を受けていた。

「吊橋といってもなかには分からないかたが結構います。そのときはレインボーブリッジと同じタイプの橋ですというと大抵の人は納得します」。

私はちょっと誇らしい気分になった。

## ざいそう

# 木コンクリート橋とゴジラ

吉田 紘一



木コンクリート橋とゴジラ、少々おかしなタイトルになりました。

まず「木コンクリート橋」(写真-1)です。私が大学を出て北海道開発局土木試験所(現在の土木研究所寒地土木研究所)に勤務を始めた頃、研究テーマとしてこの古い木コンクリート橋の耐荷力算出方法をテーマとして与えられました。

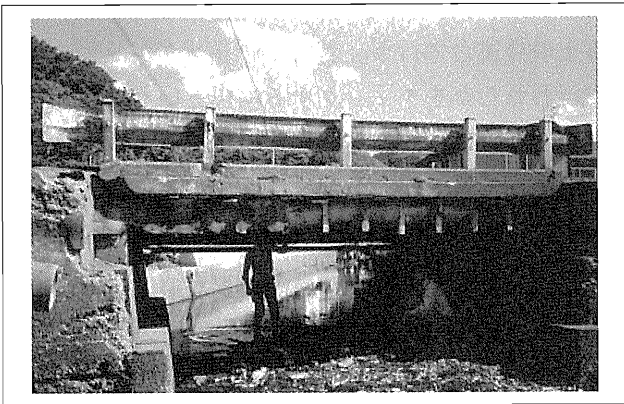


写真-1 木コンクリート橋(昭和61年)

木橋やコンクリート橋はよく知られていると思いますが、木コンクリート橋はほとんど知られていません。

これは木材を主桁にして、コンクリートの床版を設けた橋梁で、しかも木の主桁には切り欠きを設けてコンクリート床版と一体化させ、合成構造として働くように工夫された橋梁です。現在の鋼コンクリート合成桁の鋼桁の代わりに木材を用いたものに相当します。

合成構造となっているため木橋に比べ橋全体の強度と剛性を高めることにより木桁の断面を減少でき、しかもコンクリート床版になっているため木桁の乾燥がよく保たれて腐食の防止に役立つことから木橋の数倍の耐久性があります。

日中戦争のため昭和10年頃より資材の使用が制限され、北海道の橋梁は全面的に木橋に逆行してきました。しかも木材の需要も増大し工費が高くなるのみでなく、木材自体の入手も困難となる状況になりました。

このため木材の使用が少なく、剛性と耐荷力が高く、しかも耐久性に優れた木コンクリート橋が考案され全道に普及しました。

資材の少ない戦後にも架設され昭和40年には全道

の国道橋の12%にあたる246橋にもなっていました。特に昭和34年から37年の4年間に約120橋が架設されています。

この木コンクリート橋は北海道庁土木試験室(後の土木試験所)の高橋敏五郎の創案ですが、設計理論を確立したのが伊福部宗夫でした。

この理論は現在の合成桁の理論とほとんど同じもので、まだ合成桁の理論がない当時としては画期的なものでした。

また、伊福部宗夫は寒冷地での道路設計に欠かせない凍上に関する研究でも成果を上げています。どちらかと言うと凍上の研究の方が良く知られています。

一方、アイヌ文化に興味のある方にとっては「沙流アイヌの熊祭」の著者としても知られています。

しかし、私にとっては若いときに読んだ木コンクリート橋の論文のことが強く記憶に残っています。

木コンクリート橋について長々と書いてしまいましたが、次に「ゴジラ」です。

ゴジラそのものは皆さんご存知の怪獣映画のゴジラで特に説明の必要は無いでしょう。

今年2月、この映画のテーマ音楽を作曲した伊福部昭が亡くなりました。日本を代表する作曲家ですので、知っている方も多いと思います。数多くのクラシックの作曲のほかに、「ゴジラ」を初めとする映画音楽を作曲したことで知られています。

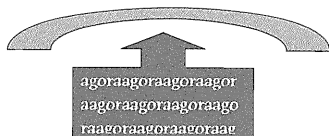
それではなぜ「木コンクリート橋とゴジラ」かということですが、実は、この伊福部宗夫と伊福部昭は兄弟なのです。

若い頃に出合った木コンクリート橋とゴジラ、これを結びつける伊福部宗夫と昭、私には何か気になる存在でした。

今回この文を書くために改めて調べてみると、本籍は鳥取県岩美郡(現在の鳥取市)とありました。

ここは、明治26年に屯田兵として北海道に移住した私の祖父の出身地です。ますます気になるところで(本文中敬称は省略させて頂きました)。

—よしだ こういち 株式会社土木技術コンサルタント副社長—



## 圃場整備と営農におけるレーザ機器及びGPSの利用動向

広田 健一・藤森 新作

水田農業の経営規模拡大と担い手への農地集積、水田の畑地利用促進、低コスト農業経営の実現等を図る必要から、近年の圃場整備事業では1ha以上の大区画化が進められている。そこで、従来のブルドーザ工法に替わり、レーザシステムと農業用機械であるプラウ、およびレベラを用いる反転均平工法が開発され、均平精度の向上や過転圧に伴う透排水性悪化の回避、さらには、低コスト化が実現した。一方、レーザシステムの利用は営農における整地均平でも多く使われてきているが、レーザ光線が錯綜することや到達範囲の拡大による精度の劣化が課題となっている。そこで、GPSの農業利用を積極的に進め、基盤整備や営農におけるレーザシステムの補完、あるいは単独利用、および位置情報の付加に伴う精密農法の実現を目指した開発を進めている。本報文ではその現況について述べる。

キーワード：農業基盤整備、圃場整備、精密農法、レーザ、GPS、レーザレベラ

### 1. はじめに

近年、農業分野では米の自由化、関税の引下げ、精密農業、環境保全型農業等の論議が著しくなり、農業問題に対して全国規模で多様に論議の対象となったことは、日本の歴史を振り返ってみても初めてのことである。これら問題解決の共通点は、基本的条件として生産性を高めコストダウンを図ることであり、そのためには、経営規模の拡大と近代的な営農を可能とする農地基盤整備が必要である。

コメと区画整理の歩みについて顧みると、明治中期に近代農法として取入れられた乾田馬耕農法のための「耕地整理法に基づく10aの水田区画整理」を第1次区画整理、さらに昭和36年の「農業基本法に対応する30a耕区を中心とする圃場整備」を第2次区画整理、そして現在の50a、1ha、2ha等、土地利用型で生産性の飛躍的向上を図り、コストダウンを目的とした「米生産構造の変革のための区画整理」は第3次区画整理と言える。

一連の農業機械作業体系の導入と相まって、稲作農家あるいは営農集団の経営規模拡大と合わせ、作業単位の拡大によるスケールメリットを十分に生かして行くことが生産構造の変革に最も有力な方法と言える。

作業単位規模の拡大、空中散布、直播、不耕起、水管理等の稲作において、いずれも圃場面の均平化が絶対条件である。しかし、均平化は代かき作業で簡単に行えるように思われているが現実には、水中での土の移動は難しく、ましてや現在のような大区画ではベテ

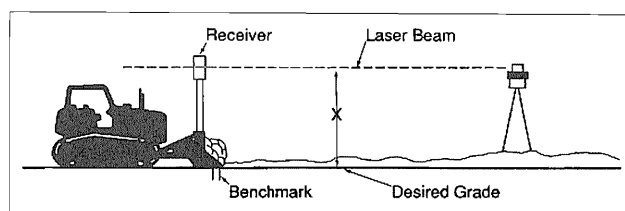
ランと言われるオペレータにおいても基準内に仕上げることは容易ではない。そこで、年間に数日しか機械操作をしない農家や高齢者、女性による営農作業において、肉体的、精神的疲労の軽減、経験不足に対して技術的なサポートを図り、作業時間の短縮、作業の高精度化を実現する「レーザマシンコントロールシステム」を確立した。また、単一のレーザシステムから一歩前進し、GPSを活用した精密農業と農作業等の省力化、軽労化の実現を目指している。

### 2. 農地基盤整備と営農におけるレーザマシンコントロールシステムの応用

#### (1) 概要

レーザは1960年に発明された。その大きな特徴は光の波長が一つであり、直進性に特に優れていることである。レーザ発光機から発射されたレーザビームを基準としてブルドーザの排土板、あるいは農業トラクタの作業機にセットしたレシーバ（受光機）が受けてレーザビームの位置をディスプレイ（表示器）に表示し、精度の高い均平作業を実現した（図—1）。

特に1995年をスタートにウルグアイ・ラウンド農



図—1 レーザマシンコントロール

業合意によって進められた大区画圃場整備事業では、このレーザビームの信号を車輛の油圧バルブにフィードバックして、作業機の上を全自動で行うブルドーザフルオートシステムが多用され、精度の高い作業（仕上げ精度＝±2～3 cm）を短時間で行うことが可能となった（写真—1）。

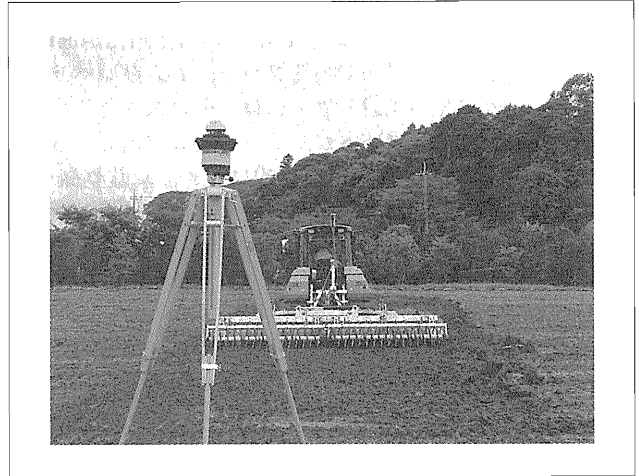
現在では均平作業のみならず、プラウ（反転耕）等により作土の深耕や天地返しを行い、肥料を有効的に使用し削減を図ることや、土に酸素を供給し活性化し

て生きた土地にしていくことを目的とした反転均平工法（写真—2）、水管理（暗渠）の新工法であるベスト・ドレーン工法（写真—3）等にもレーザフルオートシステムが活用され、高精度な作業が実現している。

また、営農においてもレーザレベラ（写真—4、写真—5）、牽引レベラ（写真—6）等の開発により非常に困難であった均平作業、一定勾配の整地作業、掘削作業が容易になり、大規模経営に大きな役割を果たしている。均平化は、稲作の省力化を図る技術として注



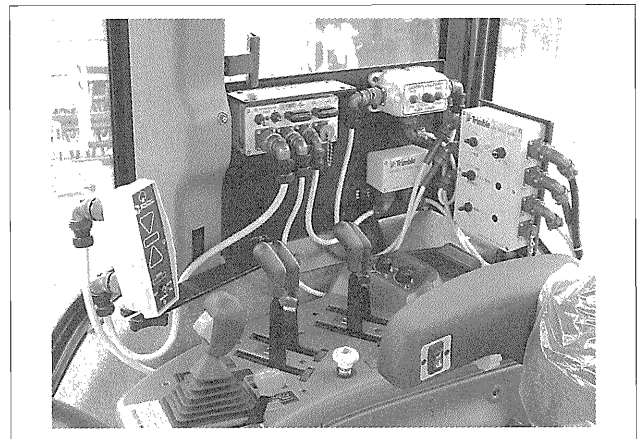
写真—1 ブルドーザフルオートシステム D3G



写真—4 レーザレベラ LL 5000



写真—2 反転均平工法用特殊車両 D6R と二段耕プラウ



写真—5 レーザレベラ CAT 45 内部レーザ制御機器



写真—3 ベスト・ドレーン暗渠工法 D3G



写真—6 牽引レベラ LT 320 S

目されている直播栽培の導入にも多大な効果を果たしている。

## (2) 圃場整備における反転均平工法

わが国の食料自給率を向上させるために、水田は稲作以外に麦、大豆、飼料作物等が低コストでかつ、安定的に栽培できる圃場条件とする必要がある。この実現には、可能な限り圃場を大区画化し、機械作業効率を向上させるとともに、田面均平度の向上と作土厚の均一化によって、発芽・苗立ちの安定、生育むらの解消、用排水の迅速化、水稻栽培における水管理の適正化等を図ることが重要である。そこで、大区画圃場整備の整地・均平作業が低コストに行えるだけでなく、均平度や透・排水性に優れた工法を開発した。

本工法は、レーザプラウを用いて心土を一定の高さで田面に反転させ、土を乾燥させた後にレーザレベラで地盤の高い位置から低い位置に土を移動して均平を取るものである。ここで使用する標準的な機械はゴムクローラトラクタ、バンブレーカ、レーザプラウ、レーザレベラ、レーザ機器等であり、耕作道や排水路の撤去・造成にはブルドーザやバックホウを用いる。工法の特徴は以下のとおりである。

- ①圃場が乾いていることが施工条件である。
- ②作業速度が速く、土壌の練返しや過転圧が少ない。
- ③区画を統合する範囲内の水田標高差に制限がある。
- ④レーザ機器によるため、オペレータは熟練を要しない。
- ⑤表土の運土がないため、従来工法に比較して運土量が少ない。
- ⑥区画の大小に係わらず短時間に高精度（±2 cm 程度）な施工ができる。

## (3) 営農におけるレーザレベラの利用

水田における麦、大豆などの栽培において最重要課題は湿害である。このために、表面排水を促進する技術として田面の傾斜化が既に提案されていたが、営農段階において一定勾配で傾斜をつけ、かつ均平度を維持する工法の開発は遅れていた。

一方、建設機械であるブルドーザの排土板をレーザで制御する技術は以前から実用化され、圃場整備事業の工事等で使用されていたが、これを営農段階で用いることは、コスト的に不可能であり、また、走行に伴う過転圧によって透水不良を招く恐れがあった。一方、アメリカやイタリアなどの諸外国の水田農業は、直播が主体であり、均平精度の向上を図るためにトラクタ牽引の大型レーザレベラが使用されていた。

1992年にスガノ農機によって開発されたレーザレベラは、80 PS以上のゴムクローラトラクタに装着するタイプであり、日本の水田区画や土壌条件に適合した大きさと構造で、排水の迅速化のための圃場面傾斜化もレーザ発光機の勾配設定操作のみで可能となった（図-2）。

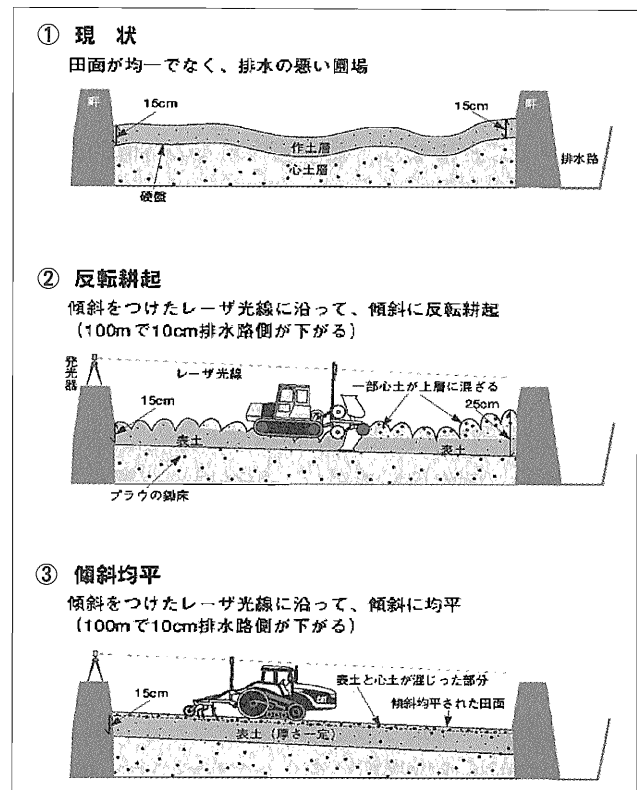


図-2 圃場面傾斜化の手順

固定した発光器からのレーザ光線に沿って1/1,000（100 mで10 cm）の傾斜をつけることで排水が容易に、また、作土層の厚さも均一に施工できる。

## 3. 農業分野におけるGPSの動向

日本国内における農業分野へのGPS測位技術の応用は十数年前より官民の研究機関、企業、大学等で研究、開発が進められ、当初はDGPS（Differential GPS）測位（位置計測精度＝約0.5～2 m）による圃場マップ（土壌成分、収穫量等）の作成からスタートした。

その後、RTK（Real Time Kinematic）測位（位置計測精度＝約2～5 cm）による高精度GPSの登場と高性能化により、応用分野が拡大し、各種の先進的な研究・開発が行われている。

周知のとおり、GPSは米国国防総省により軍事利用に開発された「全地球測位システム」であるが、当



初より軍事用の機能を除き民間にもその利用が開放されている。現在 24 個の GPS 衛星（6 軌道、各 4 個）が測位に利用されている。近年 GPS 衛星の近代化計画が進められており、受信性能が飛躍的に向上すると考えられる。

日本においても関連省庁及び民間が協力して計画を進めている「準天頂衛星」の打上げが 2008 年から予定されており、2011 年より本格運用が期待される。「準天頂衛星」は合計 3 個の予定で、日本全域で天頂より  $30^\circ$  以内の角度に常に 1 個の衛星が位置する軌道を周回することになり、都市部のビルの谷間、山間部等条件の悪い場所においても従来の GPS 衛星を補充し、より確実性のある測位が期待される。

以上のように GPS 測位の開発、近代化が進められており、今後 5~6 年以内には大幅な GPS 測位の確実性向上、高精度化により、農業分野においても多くの可能性をもたらすものと期待される。しかし、RTK 測位を得るためには単独測位とは別に 10 km 以内に基地局（固定局）を設け、移動局の位置を高精度に補正する必要があり、価格的に非常に高価になることが問題として上げられている。

一方、秋田県の八郎潟のような大規模集約圃場では基地局 1 台を多くの農家が利用できる利点もある。その他にも国土院が管理、運営している電子基準点を利用し民間企業が「仮想電子基準点方式」による補正データの配信を携帯電話を介して有料で行っており、これを利用することで基地局を物理的に設置する必要がなく、補正データの配信サービスを契約料と携帯電話の使用料の負担で可能になる。この方法は農作業に使用する時期のみの契約が可能であり、農業においては非常に有効な方式である。

#### 4. 農業における GPS を利用した運転支援技術

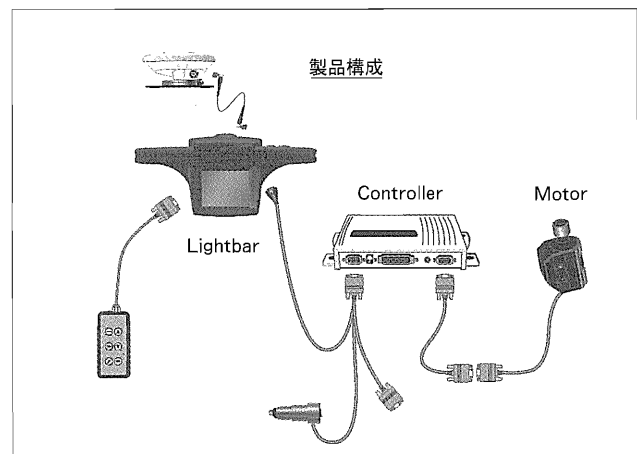
北米及びオーストラリアなどの大規模圃場では 1 km を超えるサイズの圃場が珍しくなく、天候に左右されず、適期に効率よく高速で作業を進めることが重要な条件である。特に畝たて、播種、施肥、除草、薬剤散布、刈取り作業等に GPS ガイダンスシステムが一般的に使用されており、十分な効果を上げている。

以前のガイダンスシステムは最初に圃場内の一方の枕地にスタートする A 点と他方の枕地に B 点を決め記憶させると A 点と B 点を結ぶ直線（A-B ライン）に平行にあらかじめ入力した作業幅に合わせ、次々に直線をシステム内で作成し、走行する直線と現在の車輛の位置のずれをランプと液晶画面上に cm 単位で表

示し、オペレータはその表示に従って直線上を運転するものであった。オペレータは従来のマーカ作業より開放され画期的なものであった。その後、オペレータが表示を見て操舵に集中する疲労を軽減すること、表示を見てから操舵する遅れによる直線精度の劣化を改善するために、自動操舵支援システムが要望され、米国トリプル社の「オートパイロット」が開発された。

オートパイロットは直線のみならず、旋回半径が大きい曲線にも対応し、更に車輛のロール、ピッチ、ヨーを計測し補正を自動的に行うため、不陸の大きな圃場、あるいは傾斜地を斜めに走行するような場合でも位置精度が保たれる画期的なシステムである。オートパイロットの RTK 測位システムの走行精度は約 2~3 cm である。

その後、低価格で複数の車輛に簡単に乗換えられる「EZ-Guide Plus」「EZ-Steer」（**図—3**）がオートパイロットの経験を基に開発され、現在に至っている。



図—3 EZ-Steer の製品構成

EZ-Guide Plus は表示及び操作部で DGPS 受信機を内蔵しており、単独測位でもトリプル社が開発した「オントラック・テクノロジー」と呼ばれる直線維持機能により通常の使用条件で  $\pm 15$  cm 程度の直線精度が得られる。EZ-Steer は EZ-Guide Plus から出力される信号により、車輛の丸ハンドルを直接小型モータにより操舵する装置（**写真—7**）で、オペレータの疲労を軽減すると共に、オペレータの反応遅れによる直線精度の劣化を大幅に改善することができる。ロール、ピッチ補正がオプションで追加され、不整地、傾斜地での走行でも精度が一段と向上した。

EZ-Guide Plus に内蔵された DGPS は日本の MSAS にも既に対応しており運輸多目的衛星用衛星航法補強システム（MTSAT（Multi-functional



写真-7 EZ-Guide Plus と EZ-Steer

Transport Satellite) Satellite-based Augmentation System ; MSAS) が本格運用になれば, 走行精度が更に改善される予定である。上記システムは有人運転時の運転支援システムである。

日本におけるガイダンスシステムは北海道の十勝地域で 2004 年より米国製システムの導入が開始され, 注目されている。

## 5. おわりに

レーザによるミリメートル単位の精度 (レベル精度)

と GPS によるセンチメートル単位の制度 (位置測位) のシステム近代化, GPS 測位のインフラストラクチャ改善, 農業用高性能・低価格の商品の登場により日本の農業も近い将来, 大規模化, 高効率化, 近代化が急速に促進され, 日本の食糧問題解決と共に発展することを願っている。

J C M A

### 《参考文献》

- 1) 岸 恵純: GPS の動向とトラクターの運転支援技術, 農業機械学会第 10 回テクノフェスタ講演要旨, pp.92-96 (2005 年 12 月)

### 【筆者紹介】



広田 健一 (ひろた けんいち)  
株式会社ニコン・トリンプル  
特販営業部  
AC システムグループ長



藤森 新作 (ふじもり しんさく)  
独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構  
農村工学研究所農村総合研究部  
水田汎用化システム研究チーム長

# 建設機械図鑑

本書は, 日本建設機械要覧のダイジェスト版として, 写真・図版を主体に最近の建設機械をわかりやすく解説したものです。建設事業に携わる方々, 建設施工法を学ばれる方々, そして建設事業に関心のある一般の方々のための参考書です。

A 4 判 102 頁 オールカラー 本体価格 2,500 円 送料 600 円

## 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館) Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289

## JCMA 報告

## 建設機械の数値制御操作の実体験 研修会報告

機械部会路盤・舗装機械技術委員会

近年、情報化施工（IT 施工）の導入を推進しようとの働きかけが出て久しいが、道路舗装業界での進捗状況はその一部で導入が見られる程度である。

しかし、熟練技術者の高齢化が進む中、安全で高い品質を安定的に供給できる情報化施工の活用は、ますますその重要性を増している。しかしながらその導入が遅々として進まないのは、準備作業の煩わしさへの不安、作業時の信頼性への不安等、未知の分野が多いためではないかと考え、日本建設機械化協会機械部会路盤・舗装技術委員会では情報化施工の普及に向けた取組みの一環として、7月末に静岡県伊豆市のコマツテクノセンターにて「建設機械の数値制御操作の実体験研修会」を催した。

### はじめに

建設機械の作業装置を全自動工作機械同様に、コンピュータにインプットした設計座標数値を直接用いて制御するという、IT 施工システムがやっと日の目を浴び始めたが、海外での普及率に比べ、まだまだ一部の業者でしか使用されていない。

複雑な地形を有する我が国での使用について、いくら効果のあるシステムであっても机上の研修では、実態を把握することは不可能である。それ故にこそ、数値制御のインプット作業、制御装置の設置、そして重機の操作から出来型検査までの一貫した総合的な研修が望まれていた。

しかし、現状ではこのようなトータル的な研修を実施できる機関がないのが実状である。

そこでかねてよりこの種の研修会の実現を計画していた、当協会路盤・舗装技術委員会の主催により、建設機械の数値制御操作実体験研修会にむけて、機械の貸出し、インストラクターの派遣、制御装置の提供、ソフトの貸出し、研修場の確保を、メンバー各社がそれぞれ協力し合って、国内初の、測量機能活用のトータルステーションによる数値制

御システム（TS 3 D-MC）を利用した、建設機械の作業実体験研修会がコマツの静岡県伊豆市にあるコマツテクノセンターで実施された（写真—1、写真—2）。



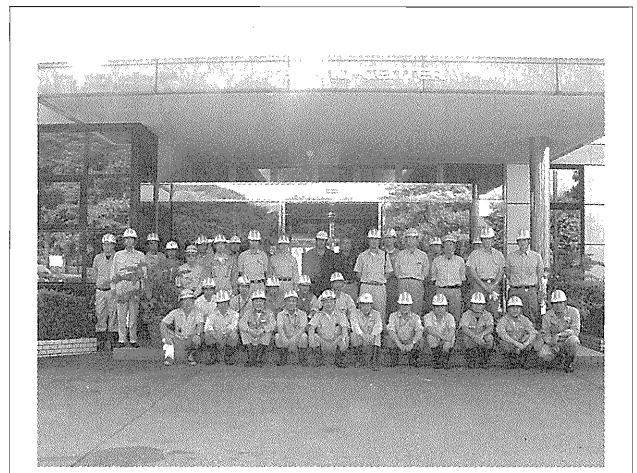
写真—1 各自持参の PC への数値データ入力方法の説明



写真—2 入力した数値制御データを利用した実体験施工状況

### 研修報告

数値制御研修会は7月26日、27日の2日間静岡県伊豆市にあるコマツテクノセンターで催された。参加人員はインストラクターを含めて41名、内訳は道路会社7社やメー



写真—3 コマツテクノセンター正面玄関にて参加研修員全員集合

カーの他官公庁からも7名が加わり実施された(写真-3)。

目的は、トータルでのIT施工システムを実体験により把握してもらうという趣旨で、そのため今までのようにただ側面からみて、説明を聞くということではなく、自ら機器に手を触れその実態を体感してもらうことを主眼として研修を開催したため参加人員を絞ることとなった。

1日目は各自が持参したコンピュータを使用して、測量データや設計データを各自で入力し、3次元的な線図に変換作成した(写真-4)。

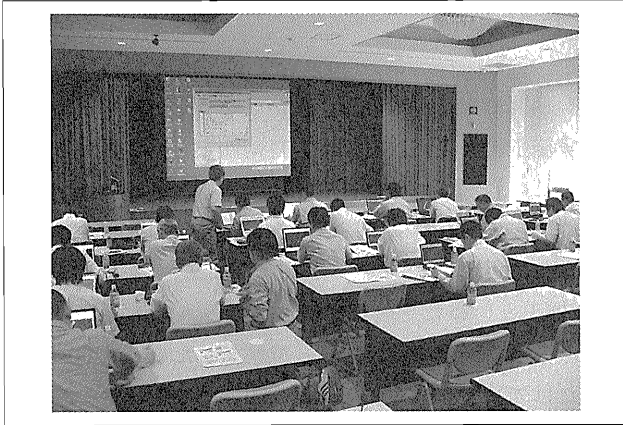


写真-4 入力したデータを3次元的な線図に変換作成

ここではエクセルを利用したの入力で、変換ソフトは(株)トプコンの協力を得て一時貸出しをして頂き、3Dコントロール用に入力変換をした。その後室内においてではあるが、入力したデータが作業機械に対してどのように作用するか、また、作用している状態が入力したコンピュータ上にどのように反映されてチェックできるかを容易に実証して見せた。

同様にミリメータGPSについても簡単に機器説明を行い、細かい取扱いは翌日の実習時ということで初日は終了した。

翌2日目は前日に入力したデータを使用して、20トン



写真-5 トータルステーション(右)と6トン級ブルドーザ(左)の自動追尾によるコントロール

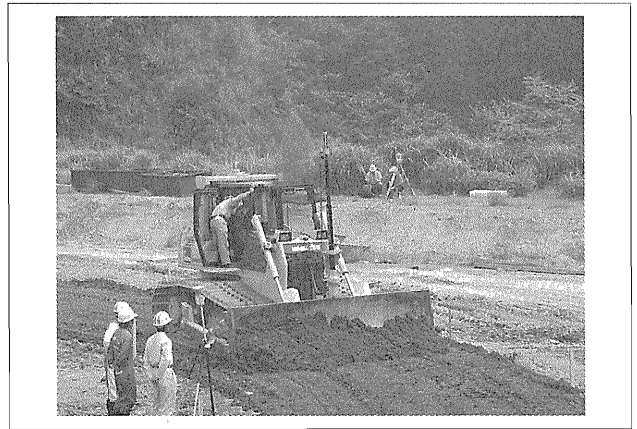


写真-6 トータルステーション(中央右上)と20トン級ブルドーザ(中央)の自動追尾によるコントロール及び検測用のミリメータGPS(左下)

級ブルドーザと6トン級ブルドーザを数値制御により稼働させた(写真-5、写真-6)。

データを入力したコンピュータをトータルステーションに接続し、その追尾の様子や、双方向通信を行っている様子をコントロール用コンピュータからモニタリングして操作指示の出しかたを体験した。かたやブルドーザでは各自運転席に乗込み、方向操作を手動で行うだけで、高さ及び勾配は自動でコントロール出来る様を実体験した(写真-



写真-7 トータルステーションへのデータ入力

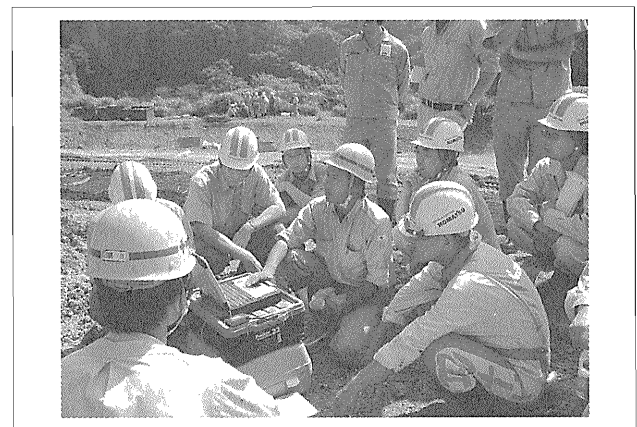


写真-8 トータルステーションでのデータチェックの説明

## 7, 写真—8)。

この研修では、直線から曲線に入る連続した勾配の変化及び高さの変化する様を実践し、その検証は従来通りの丁張りでのチェックや、ミリメータ GPS でチェックをし(写真—9)、高い施工精度を確保出来ることを実感できた。

また、施工直後の丁張りによる高さチェックが必要ないため、オペレータは施工方向のみに注意を払うだけで良く、安全性の面の確認も出来た。



写真—9 ミリメータ GPS による高さ検測

大型と小型のブルドーザを使用したことにより、大規模な現場だけではなく、中小規模な現場での施工、また見通しさえとれば複雑な形状の現場での施工、さらにレーザー光を使用しているため、夜間作業での有効性も考えると、色々な使用方法、使用現場が考えられる。

この数値制御を利用した IT 施工は、精度や安全性という面で、熟練したオペレータの減少している昨今、ある程度機械を扱えるというオペレータの作業でも、優良な施工状況を提供してくれる。

管理面においても、データによる施工のため、現場管理の検証は必要最小限ですみ、そのデータを管理しているだけで、設計データから、実施工データの変更等も比較しやすく、履歴としても残るため後々の補修工事や復旧工事に大いに活用可能と思われる。

## 終わりに

短い期間で大まかな実習でしかなかったが、データ入力から実施工まで実体験してその有効性を実感できたと思われる。この施工は、やはり業界に広めて大勢の人が利用して多くのデータが揃って初めてその有効性が活かされるようになると思われる。

IT 施工といわれて久しいが、その導入による効果の実感には、単なる説明を受けたり、視察をしたり等、他動的な見方だけでは感じ得られないということを理解してもらえたと思う。このたびの実体験研修を受けることにより安全で、高い品質の情報を安定的に供給できる利点をもつシステムであることが分かった。今後それぞれ各社各関係者が IT 施工を積極的に取入れ広めてゆくことが期待される。

また更に今後もこのような研修会を定期的に開催するシステムを当協会が構築することも必要であると感じている。

## ■「建設の施工企画」誌投稿のご案内■

—社団法人日本建設機械化協会「建設の施工企画」編集委員会事務局—

会員の皆様のご支援を得て当協会機関誌「建設の施工企画」編集委員会では新しい企画の検討を重ねております。その一環として本誌会員の皆様からの自由投稿を頂く事となり「投稿要領」を策定しましたので、ご案内をいたします。

当機関誌は 2004 年 6 月号から誌名を変更後、毎月特集号を編成しています。建設ロボット、建設 IT、各工種（シーールド・トンネル・ダム・橋等）の機械施工、安全対策、災害・復旧、環境対策、レンタル業、リニューアル・リユース、海外建設機械施工、などを計画しております。こうした企画を通じて建設産業と建設施工・建設機械を取巻く時代の要請

を誌面に反映させようと考えています。

誌面構成は編集委員会で企画いたしますが、更に会員の皆様からの特集テーマをはじめ様々なテーマについて積極的な投稿により機関誌が施工技術・建設機械に関わる産学官の活気あるフォーラムとなることを期待しております。

### (1) 投稿の資格と原稿の種類：

本協会の会員であることが原則ですが、本協会の活動に適した内容であれば委員会で検討いたします。投稿論文は「報文」と「読者の声」（ご自由な意見、感想など）の 2 種類があります。

投稿される場合は標題と要旨をご提出

頂きます。編集委員会で査読し採択の結果をお知らせします。

### (2) 詳細：

投稿要領を作成してありますので必要の方は電子メール、電話でご連絡願います。また、JCMA ホームページにも掲載してあります。テーマ、原稿の書き方等、投稿に関わる不明な点はご遠慮なく下記迄お問い合わせください。

社団法人日本建設機械化協会「建設の施工企画」編集委員会事務局

Tel : 03(3433)1501, fax : 03(3432)0289, e-mail : suzuki@jcmnet.or.jp



JCMA 報告

# 泥水式親子シールド現場見学会

機械部会トンネル機械技術委員会

トンネル機械技術委員会では、平成 18 年 7 月 28 日（金）に、現在建設されている地下鉄 13 号線工事で泥水式親子シールドを採用して掘進中の、13 号線南池袋 B 線区土木工事の現場見学会を開催した。

## 1. 工事概要

地下鉄 13 号線は、現在東京メトロが建設を進めている新線池袋駅より渋谷駅に至る延長 8.9 km の地下鉄路線と

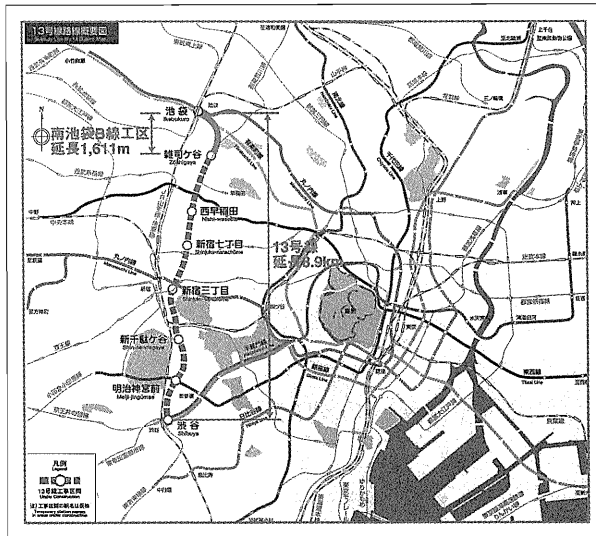


図-1 施工位置図

表-1 施工仕様

工事名	13 号線南池袋 B 線区土木工事
発注者	東京地下鉄株式会社（東京メトロ）
施工者	前田・戸田・五洋建設工事共同企業体
工期	平成 16 年 3 月 17 日～平成 19 年 5 月 16 日
線形	平面線形 曲線半径左 R=201~501 m 縦断線形 -2%~+35%
土被り	21.3~29.8 m

なっている。当工区は地下鉄 13 号線のうち雑司ヶ谷駅より新線池袋駅に至る延長 1,611 m のトンネルを親子シールド機により構築する。

延長 132 m の雑司ヶ谷駅シールドを親機により掘進し、その後、立坑内にて親機から子機への分離引出し、艀装替え、移動を行う。同駅より既設の新線池袋駅までの延長 1,479 m の駅間単線シールドを子機にて掘進するもので、泥水式シールド工法により施工する。施工位置図を図-1 に、施工仕様を表-1 に示す。

## 2. シールドマシン

シールドマシンは泥水式親子シールドマシンを採用し、子機は親機の中に格納されている。マシン全景を写真-1 示し、親機と子機の詳細を図-2、図-3 に示す。また、マシン仕様を表-2 に示す。

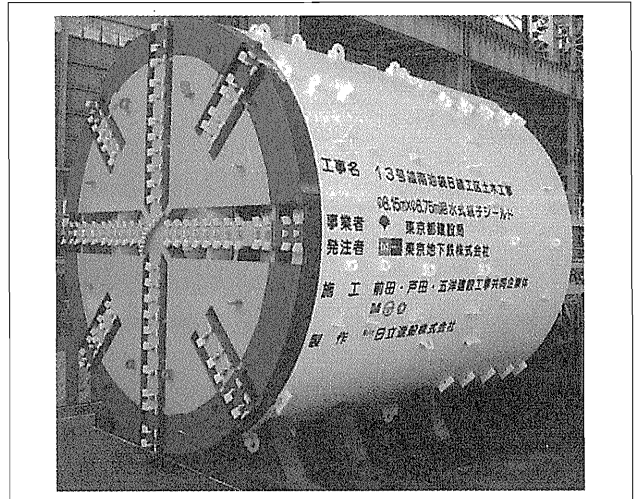


写真-1 泥水式親子シールド（φ8,150 mm→φ6,750 mm）

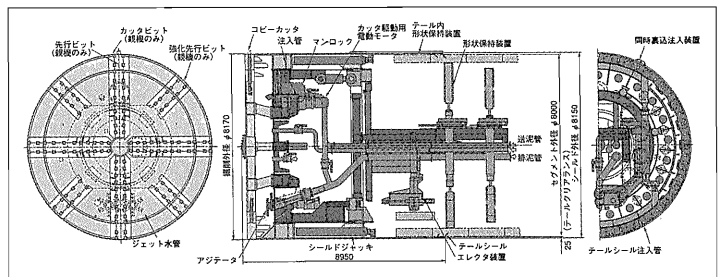


図-2 親機

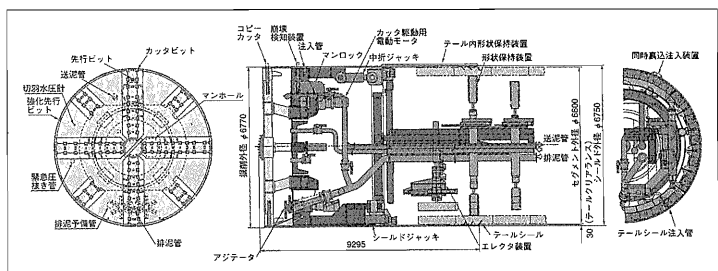


図-3 子機

表-2 泥水式親子シールドマシン仕様

		親機仕様	子機仕様
<b>■シールド仕様</b>			
伸長速度		4.0 cm/min	5.3 cm/min
総推力		52,000 kN	42,000 kN
単位面積当たりの推力		997 kN/m <sup>2</sup>	1,173 kN/m <sup>2</sup>
シールドジャッキ		2,000 kN×2,550 st×35 MPa×26 本	2,000 kN×2,550 st×35 MPa×21 本
中折ジャッキ		—	2,500 kN×200 st×35 MPa×14 本
油圧ユニット	油圧ポンプ	67/107 L/min×35/21 MPa×1 台	同 左
	電動機	45 kW×4 P×50 Hz×400 V×1 台	同 左
	油タンク	4,400 L	同 左
<b>■エレクトラ仕様</b>			
旋回用油圧モータ		6.45 kN-m×17 MPa×4 台	同 左
旋回系油圧ユニット	油圧ポンプ	192 L/min×17 MPa×1 台	同 左
	電動機	75 kW×4 P×50 Hz×1 台	同 左
	油タンク	シールド系を兼用	同 左
伸縮ジャッキ		165 kN×900 st×21 MPa×2 本	同 左
スライドジャッキ		65 kN×1,000 st×21 MPa×2 本	同 左
ジャッキ系油圧ユニット	油圧ポンプ	80 L/min×21 MPa×1 台	同 左
	電動機	37 kW×4 P×50 Hz×1 台	同 左
	油タンク	シールド系を兼用	同 左
<b>■カッタ仕様</b>			
駆動トルク		5,642 (100% 時)/8,464 (150% 時) kN-m	4,232 (100% 時)/6,348 (150% 時) kN-m
α 値		10.4 (100% 時)/15.6 (150% 時)	13.8 (100% 時)/20.6 (150% 時)
回転速度		0.74 min <sup>-1</sup>	同 左
駆動用電動モータ		88.16 kN-m×55 kW×4 P×50 Hz×8 台 (1/243.38)	88.16 kN-m×55 kW×4 P×50 Hz×6 台 (1/243.38)
<b>■アジテータ仕様</b>			
型 式		3 枚羽根 2 段型	同 左
駆 動 ト ル ク		11.33 kN-m	同 左
回 転 速 度		46.6 min <sup>-1</sup>	同 左
駆動用電動モータ		7.55 kN-m×37 kW×4 P×1/31×2 台	同 左
<b>■形状保持装置仕様</b>			
型 式		上下拡張式	同 左
押付ジャッキ		320 kN×500 st×21 MPa×2 本	同 左
移動ジャッキ		35 kN×1,800 st×21 MPa×2 本	同 左
パワーユニット		シールド系を兼用	同 左
<b>■コピーカッタ仕様</b>			
コピーカッタジャッキ		105 kN×150 st×21 MPa×1 本 (子機兼用)	105 kN×150 st×21 MPa×2 本
油圧ユニット	油圧ポンプ	15 L/min×21 MPa×1 台	同 左
	電動機	7.5 kW×4 P×50 Hz×400 V×1 台	同 左
	油タンク	シールド系を兼用	同 左

R 200 対応

最大中折角	左右: 1.5°
	上下: 0.5°

### 3. テール内形状保持システム (TKS)

セグメント幅は国内の鉄道トンネルとして過去最大の 1.6 m が採用されている。この幅広セグメントに対して、シールド機とセグメントの角度差による推進分力およびセグメント自重によって生じるテール内でのセグメントリン

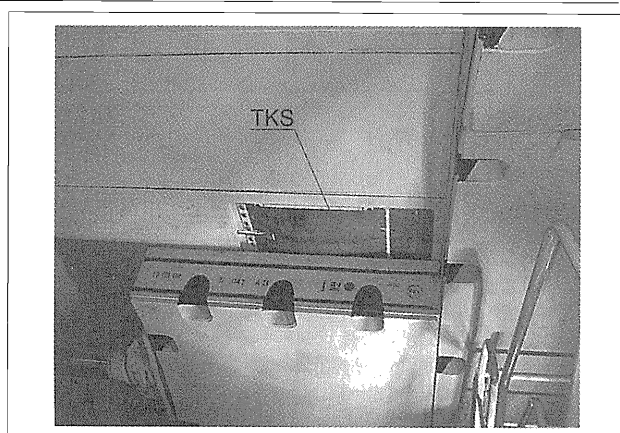


写真-2 テール内形状保持システムの施工状況

グの変形・損傷を抑制する目的として、テール内形状保持システムをシールドテール部に装備している。

施工状況を写真-2に示す。また、システムの詳細を図-4に示す。

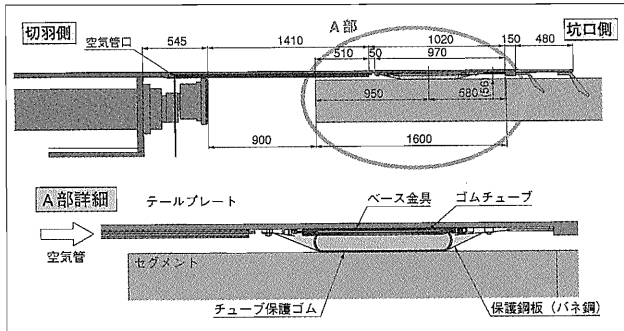


図-4 テール内形状保持システム

#### 4. セグメント

単線シールドセグメントの締結継ぎ手には「楔の原理」を用いたスライドコッター（セグメント間）、サンクイック（リング間）継ぎ手を採用している。セグメントはこれらの継ぎ手構造を内蔵しているため、トンネル内径面が平滑となる。また、セグメント組立ては継ぎ手自身に締結機能を有するため、トンネル軸方向にスライドするだけで締結が完了する1工程組立てとなっている。このため、セグ

メント組立て作業の合理化が図られ、シールド高速施工化のニーズに対応するセグメントになっている。セグメントの詳細を図-5に示し、施工図を図-6に示す。

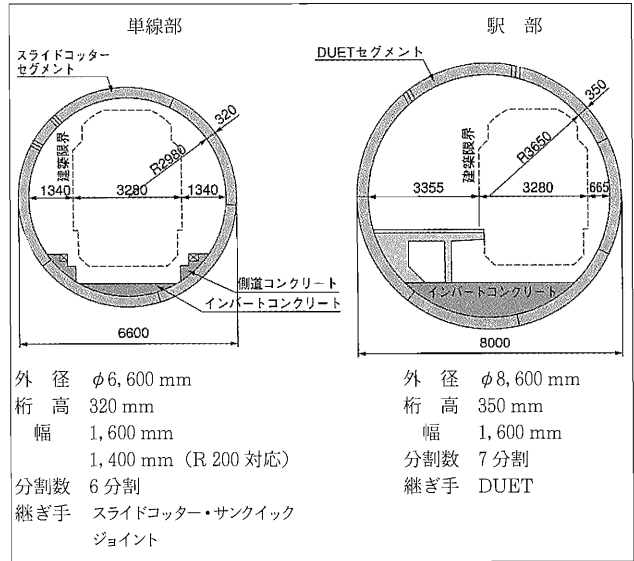


図-6 セグメント施工図

#### 5. マシンの艀装替え・スルー

発信立坑（雑司ヶ谷停車場終端立坑）から親機（駅シールド）として発進したシールドマシンは、中間立坑（雑司ヶ谷停車場始端立坑）に到達した後、子機部分を引出し艀

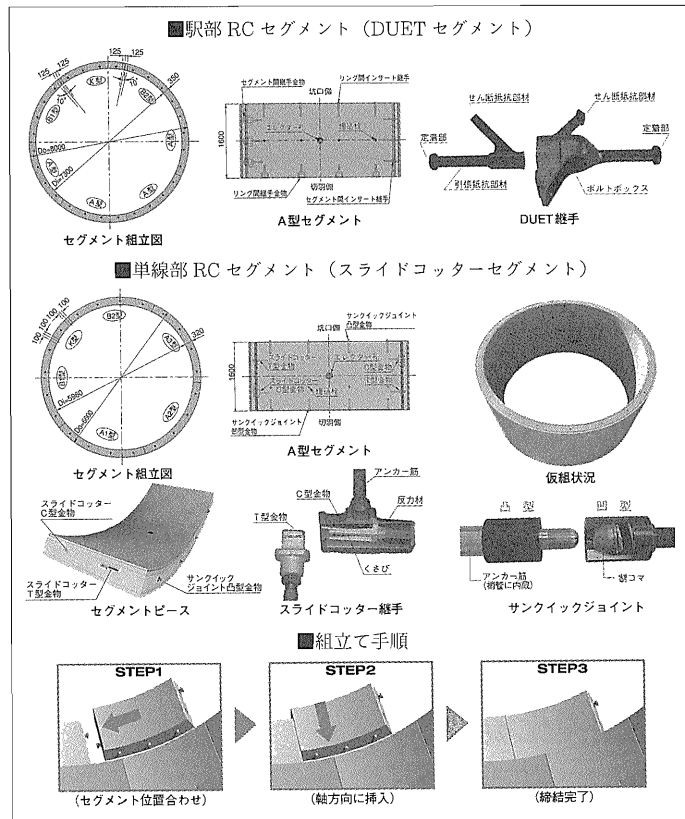


図-5 セグメント

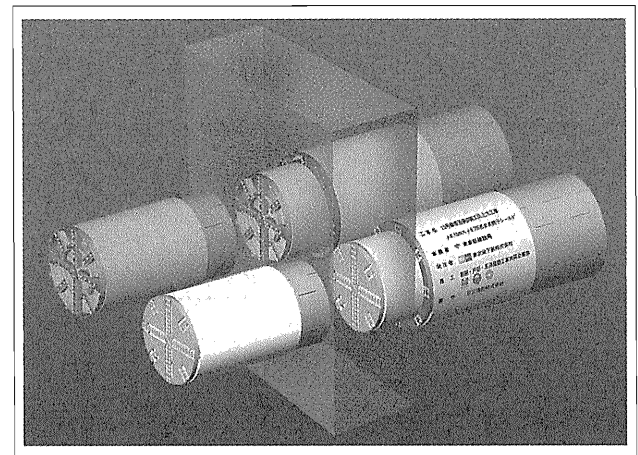


図-7 シールドマシン艀装替え

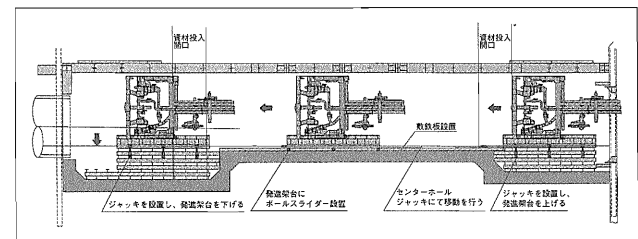


図-8 シールドマシン艀装替え手順

装替えを行う。その後、中間立坑内においてシールドマシンを40m移動させ、子機（単線シールド）として再発進する。艀装替えのイメージ図を図-7に示し、手順を図-8に示す。

## 6. 施工状況

親機は既に駅部132mの掘進を完了し、艀装替えを行い子機は200m掘進を完了している。親機到達から子機発進までの艀装替えには2ヵ月を要した。また、子機の1Ring当りのサイクルは掘削1時間、セグメント組立て36分の1.5時間程である。13号線工事区間では、泥水式親子シールドから発生する余剰泥水を、駅開削工区の埋戻しおよびシールドトンネルのインバートに用いる流動化処理土の材料として有効利用している。また、シールド10工区のうち、現在5工区が貫通し地下鉄13号線の開業は平成20年6月となっている。

## 7. 見学後記

親子シールドはこれまでに20例ありそのほとんどがライフラインの整備工事に使用されている。鉄道関係では当

工事で4例目である。

最後になりましたが、親切丁寧な工事説明と現場案内をしていただいた前田・戸田・五洋建設工事共同企業体南池袋作業所・八坂所長をはじめ関係各位に深く感謝します（写真-3）。

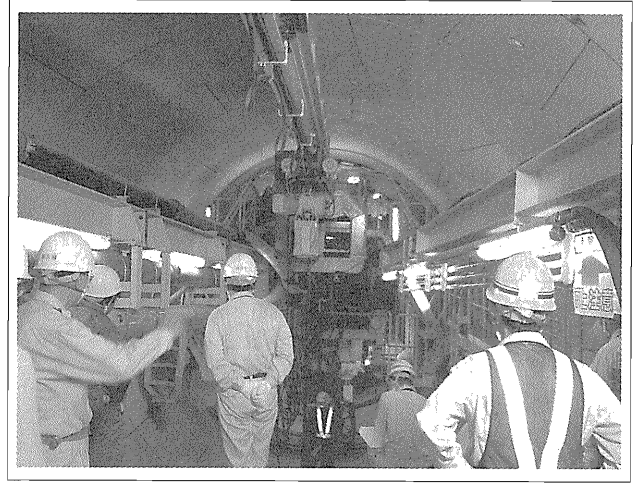


写真-3 見学風景

〔トンネル機械技術委員会委員長・大坂 衛〕  
〔トンネル機械技術委員会事務局・高木健治〕

# 大口径岩盤削孔工法の積算

——平成18年度版——

### ■内 容

- (1) 適用範囲
- (2) 工法の概要
- (3) 岩盤用アースオーガ掘削工法の標準積算
- (4) ロータリー掘削工法の標準積算
- (5) パーカッション掘削工法の標準積算
- (6) ケーシング回転掘削工法の標準積算
- (7) 建設機械等損料表

■A4判 約250頁（カラー写真入り）

### ■定 価

非会員：5,880円（本体5,600円）  
会 員：5,000円（本体4,762円）  
送 料：会員・非会員とも  
          沖縄県以外 450円  
          沖縄県      340円（県内に限る）

※学校及び官公庁関係者は会員扱い

## 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289 <http://www.jcmanet.or.jp>

CMI 報告

# 道路舗装工における IT の適用

石川 計臣・竹本 憲充

## 1. はじめに

舗装工の施工管理項目は、出来形と品質である。出来形については、下層路盤までは基準高さや厚さに対する管理が、その上位の上層路盤から表層までは厚さ管理が必要となっている。

路盤の仕上がり精度が基層・表層の出来形と品質に直接影響することから、現行の施工法では、仕上がり高さの目標となる丁張りを多く設置し、モータグレーダによる整形と高さ検測の繰返し作業によって路盤の施工精度を確保している。

このため、路盤整形作業には多くの労力と時間が必要であり、さらに、仕上がり高さの目標がない丁張り間はオペレータの高度な技能が要求される。また、舗装施工後の出来形・品質確認においては、掘起こしやコア抜きによる破壊検査が行われている。

この手法では施工面に対して点的な管理となることや、コア抜きに起因する局所的な舗装の品質低下が生じるといった問題がある。

これらの課題を解決・改善する手法として、IT を適用した舗装工の情報化施工システムを構築し、2現場で試行工事を実施した。その結果から、IT を適用した施工、施工管理手法の効果等について報告する。

なお、本報告は国土交通省関東技術事務所と同九州技術事務所の委託による調査検討の成果である。

## 2. 舗装工の情報化施工システム

IT を適用した舗装の情報化施工システムは以下の三つのサブシステムで構成されている（図-1）。

### (1) 3次元重機制御グレーダシステム

本システムは、光通信機能を備えた自動追尾トータルステーション（自動追尾 TS）と高さ・横断勾配等の設計データを入力したコントロール用 PC（自動追尾 TS と直結）及びグレーダ側に設置された各種センサ、油圧制御部などで構成されている。

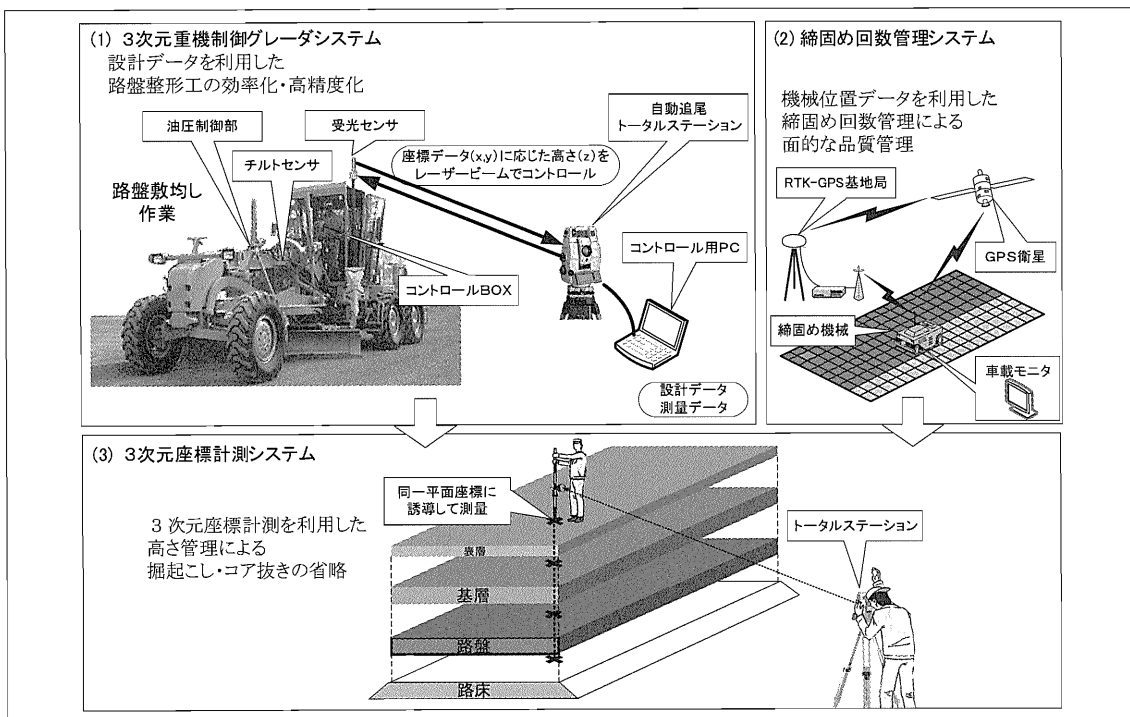


図-1 舗装工の情報化施工システム

(2) 締固め回数管理システム

締固め機械の走行位置座標を RTK-GPS で取得し、締固め対象物の品質を施工と同時に、かつ連続的に締固め回数で管理するものである。システム構成は、締固め機械に搭載した RTK-GPS 移動局とパソコン（車載 PC）、RTK-GPS 基地局、無線機等で構成されている。

(3) 3次元座標計測システム

計測対象点の3次元座標を出力可能な TS を用い、指定した平面位置にターゲットを誘導する機能を有し、舗装の各層の仕上がり高さを計測するシステムである。各層の締固め作業終了後に、指定する管理点の3次元位置座標(x,y,z)をTSにより測量し、これらの計測値のz座標の差から路盤、基層、表層の層厚を求めた。

3. 試行工事における情報化施工導入結果

(1) 路盤整形作業の効率化と環境負荷の軽減

3次元重機制御グレードシステムの利用により、システムがブレード高さを自動制御し目標高さに仕上げることから、高さ計測による施工中断時間を低減できる。試行工事の実績では、現行施工より作業効率が約50%向上し、また、約30~40%の燃料消費を削減でき環境負荷が軽減する等の結果を得た。



写真-1 情報化施工の路盤整正作業

(2) 出来形精度の向上

グレーダのブレード自動制御機能により、図-2に示すように、路盤の施工精度が向上した。その結果、その上層に施工される表層の平坦性も向上した。

(3) 施工品質の均一化

図-3は、施工範囲を0.25m×0.25mの正方形の管理ブロックに分割し、この管理ブロック毎に累積締固め回数

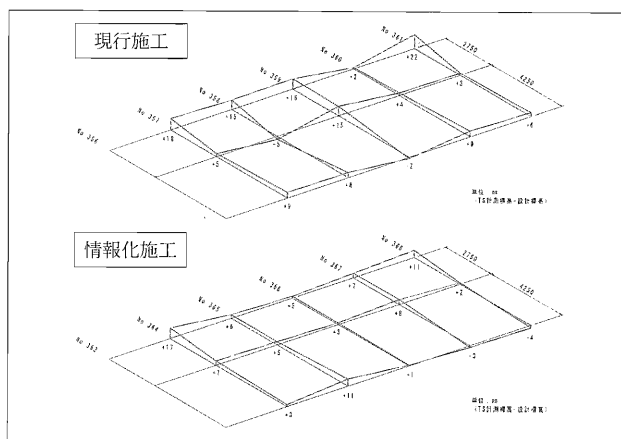


図-2 上層路盤の仕上がり精度比較

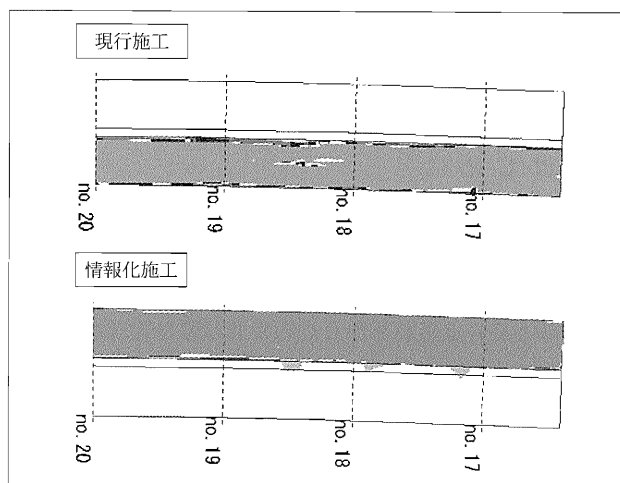


図-3 締固め回数分布図

を求め、これを色分け表示した締固め回数分布図である。

現行施工では、規定回数に満たない範囲（黒く着色された以外の部分）が4~10%程度あったが、締固め回数管理システムを用いて車載PCのモニターで締固め回数を施工中に管理することにより、踏残しがほとんどなくなり、施工範囲を均一に締固めることができた。

(4) 新たな出来形管理手法

TS測量で求めた層厚とコアの層厚では、最大6mm、平均で約0.9mmの誤差が生じた。しかし、コア測定においても寸法測定位置の違いによりばらつきがあることから、TS測量による判定は有効な層厚管理手法であると評価できる（写真-2）。

4. おわりに

試行工事の結果から、ITを適用した舗装の施工、施工管理手法は、施工の効率化や出来形の向上及び施工品質の確保を確認するための有効な手法と考えている。

課題としては、TSを利用した面的な多点管理に現行の



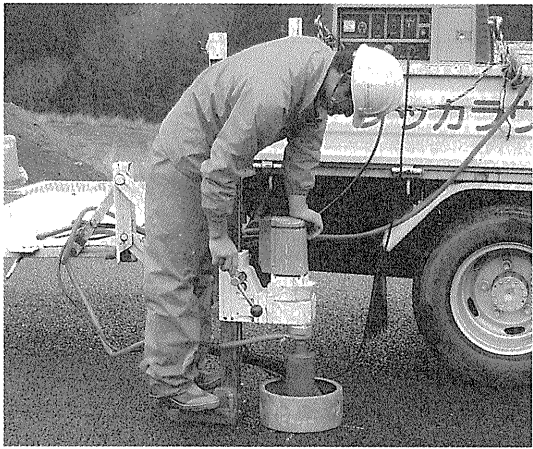
管理値を適用すると、非常に厳しい管理がなされてしまうことが挙げられる。今後、多点管理に対応した施工管理基準及び規格値を策定する必要がある。

【筆者紹介】

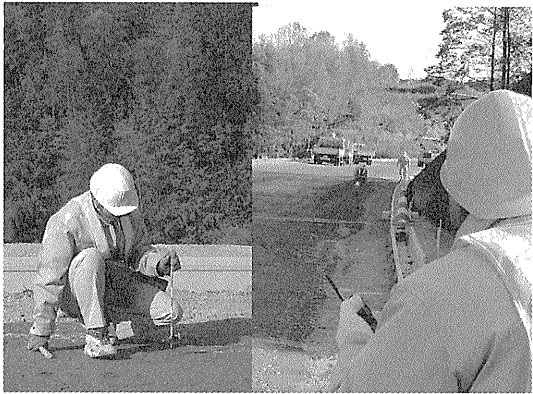
石川 計臣（いしかわ かずおみ）  
社団法人日本建設機械化協会  
施工技術総合研究所  
研究第三部  
研究課長



竹本 憲充（たけもと のりみつ）  
社団法人日本建設機械化協会  
施工技術総合研究所  
研究第三部  
研究員



【現行施工：コア抜き】



【情報化施工：TS 測量】

写真-2 層厚検査の比較

## 新機種紹介 広報部会

### ▶ <01> ブルドーザおよびスクレーパ

06-〈01〉-07	新キャタピラー三菱 ((米) キャタピラー社製) ブルドーザ D 6 R SERIES III	'06.08 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

環境対応性、操作性、居住性、安全性、耐久性、メンテナンス性などの向上を図ってモデルチェンジしたブルドーザである。エンジンは、燃料の噴射量やタイミングをコントロールする電子制御システム、ターボチャージャーと空冷式アフタークーラを備えた吸気システム、超高圧・多段噴射の燃料噴射システム、酸化触媒装置の後処理システムの4システムで構成するACERT型で、日米欧の排出ガス対策(3次規制)に対応している。ラジエータは、アッパータンクの無い分割式コア構造でサービス性が良く、ラジエータボトムタンクに流入した高温の冷却水はコアの前面を上方へ流れながら冷却され、コアの背面を下方へ流れながら2度目の冷却がなされる2パスシステムとして冷却効率を良くしている。足回り装置では、駆動力伝達と耐久性向上に有効な高位置スプロケットデザインを採用し、シングルグロウサシュー用のオプションとして、均一な摩耗で寿命を延長するローリングブッシュ・トラックを開発している。トランスミッションには、変速操作や作業中の負荷の変化に対応してクラッチ接続を電子制御で最適にするECPC(Electronic Clutch Pressure Control)を搭載しており、シフト時のショックを解消し

表-1 D 6 R SERIES III の主な仕様

	D 6 R SERIES III (湿地車 LGP)	D 6 R SERIES III (乾地車(リッパ付き) XL)
運転質量 (t)	21.7	21.65
定格出力(kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	149(203)/1,850	149(203)/1,850
ブレード幅×同高さ (m)	4.065×1.120	3.260×1.410
ブレードチルト量 (m)	0.700	0.745
リッパ 最大切削深さ/最大上昇量 (m)	—	0.50/0.51
走行速度 $F_3/R_3$ (km/h)	11.5/14.6	11.5/14.6
接地圧 (kPa)	33	67
最低地上高 (m)	0.45	0.385
全長×全幅×全高 (キャブ上端) (m)	5.725×4.065×3.245	6.735×3.26×3.195
価格 (百万円)	30.9	30.75

(注) (1) 湿地車はストレートドーザ、ドローバ、カーブアベックスシュー(1,000mm)を、乾地車はセミユニバーサルドーザ、リッパ、シングルグロウサシュー(560mm)を装着する。

(2) 全機種にROPSキャブ、エアコンディショナを装備する。



写真-1 新キャタピラー三菱CAT D 6 R SERIES IIIブルドーザ(湿地車)

ている。あらかじめ前後進の速度段の組合わせを設定できる3モード(前進1速・後進2速モード、前進2速・後進2速モード、前進2速・後進1速モード)のクイックシフト機能を備えており、重掘削、整地、下り坂作業などにおける作業性を向上している。また、大きな負荷がかかったときに自動的にシフトダウンするオートシフトダウン機能を有し、作業状況に応じて、高い速度でシフトダウンするHiモード(掘削作業など)と低い速度までシフトダウンしないLoモード(整地作業など)の2段階の中から選択できるようにしている。作業機操作においては、油圧パイロット式レバーの操作量に応じて可変容量ピストンポンプから必要流量、圧力が供給されるエネルギーロスの少ないロードセンシングハイドロロックシステムが採用されている。作業装置のロックスイッチは、ロータリ型からワンタッチで切替え可能なロッカー型として操作性を良くしている。走行操作においては、1本のツイストグリップハンドルで前後進切替え・変速・旋回(角度とスピード調整)の操作が可能で、フルタイムで左右の足回りを駆動するディファレンシャルステアリングを搭載して、押しながらの旋回、片押し作業における直進維持、傾斜地での旋回などを容易にしている。視界性を考慮した密閉加圧式のROPS/FOPSキャブを標準装備し、後部燃料タンク部を窪みのある形状としてリッピング作業時の後方下部視界を確保している。また、サスペンションシートは15度傾けてリッパチップ先端の視認性を良くしている。稼働状況とシステムの状態が分かるモニタリングシステム(EMS)を搭載しており、トラブル対処を確実にしている。

### ▶ <02> 掘削機械

06-〈02〉-14	コベルコ建機 油圧ショベル SK 200-8 ほか	'06.06 発売 モデルチェンジ
------------	------------------------------	----------------------

生産性と経済性の両立や環境対応などを図ってモデルチェンジした一般土木仕様の油圧ショベル2機種(SK 200-8, SK 330-8)である。一般土木仕様のSK 200-8, SK 330-8には、これをベースとしてロングローラ仕様のSK 210 LC-8, SK 350 LC-8が揃えられている。エンジンはコモンレール式超高圧燃料噴射システムとクールドEGRシステムを採用した排出ガス対策(3次規制)基準値をクリアするもので、油圧機器など各種騒音対策によって国土交通省の低騒音型基準値をもクリアしている(SK 200-8は超低騒音型, SK 330-8は低騒音型)。また、機械は、電波障害対策としてのEUのEMC(電磁適合性)基準をクリアしている。エンジンの中低速トルクの向上に伴って掘削力、走行トルク、旋回力などをアップしており、作業性や運転性を向上している。掘削作業では標準(S)と重掘削(H)の2モードが、ブレーカ用に(B)モードが、各種フロントアタッチメント用に(A)モードが設定されて、各種作業への効率的な対応が図られている。さらに、無駄なアイドルストップ、レバー中立時に自動的にエンジン回転を低減するオートアクセルなどを装備して、燃費低減や騒音、排出ガスの抑制を実現している。安全対策としては、機械総合制御

新機種紹介

表-2 SK 200-8 ほかの主な仕様

	SK 200-8	SK 210 LC-8	SK 330-8	SK 350 LC-8
標準バケット容量 (m <sup>3</sup> )	0.8	0.8	1.4	1.4
運転質量 (t)	19.7	20.1	33.8	34.6
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	114(155)/2,000	114(155)/2,000	197(265)/2,100	197(265)/2,100
最大掘削深さ×同半径 (m)	6.70×9.90	6.70×9.90	7.56×11.26	7.56×11.26
最大掘削高さ (m)	9.72	9.72	10.58	10.58
最大掘削力 (バケット) (kN)	143	143	222	222
作業機最小旋回半径/後端旋回半径 (m)	3.54/2.75	3.54/2.75	4.37/3.5	4.37/3.5
走行速度 高速/低速 (km/h)	6.0/3.6	6.0/3.6	5.6/3.3	5.6/3.3
登坂能力 (度)	35	35	35	35
シュー幅×接地長 (m)	0.6×3.37	0.6×3.66	0.6×3.73	0.6×4.05
全長×全幅×全高 (輸送時) (m)	9.45×2.80×3.03	9.45×2.99×3.03	11.2×3.2×3.42	11.2×3.2×3.42
価格 (百万円)	17.7	—	25.01	—

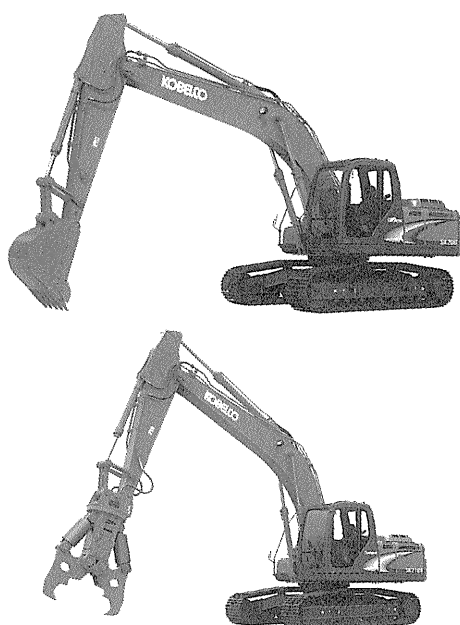


写真-2 コベルコ建機「アセラ・ジオスペック」SK 200 (上) と「ダイナスペック」SK 210 D (圧砕機装着) (下) 油圧ショベル

システム (Intelligent Total Control System) のメカトロニクスコントローラにトラブルが生じた時に、運転の継続を可能とする非常アクセル機構や、エンジンとポンプ室を隔離するファイヤウォール、万一、ホースが破断した場合の安全バルブとしてのブームホールディングバルブなどが標準で装備されている。インタークーラ、ラジエータ、オイルクーラを清掃容易な並列配置とし、左サイドカバー内にエアクリーナ、バッテリー、並列クーリングユニットなどを、右サイドカバー内にリモート化したエンジンオイルフィルタ、ウォータセパレーター一体型燃料フィルタなどを集中配置して地上からのメンテナンスを容易にしている。作動油の交換間隔 5,000 h、作動油フィルタの交換間隔 1,000 h、アタッチメントのピンに自己潤滑ブッシュを採用したことによる給脂間隔 500 h (バケット回り 4 箇所は 250 h) などの延長でメンテナンス性を向上している。稼働情報管理機能 (MERIT) を搭載しており、機械の自己診断情報、位置情報、稼働状況、メンテナンス関連情報などの把握によって、迅速なサービスを可能にしている。

06-(02)-15	コマツ 油圧ショベル (後方超小旋回形) PC 228 US(LC)-3 E0	'06.08 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

環境対応性、低燃費生産性、安全性、居住性、メンテナンス性などの向上を図ってモデルチェンジした油圧ショベルである。エンジンは日米欧の排出ガス対策 (3 次規制) に対応するコモンレール式最適燃料噴射システム採用の ecot 3 型を搭載しており、国土交通省の低騒音型建設機械にも適合して作業環境やオペレータの居住性に配慮している。エンジン制御コントローラによる燃料高圧高精度多段噴射や、油圧制御コントローラによるコントロールバルブとメインポンプの油圧・流量制御など、稼働状況に合わせてメインユニットを総合的に制御する機体総合制御機構 (Total Vehicle Control) を搭載して、最大限の性能を発揮するようにしている。作業 (量) 優先の P モードと燃費優先の E モードを設定して作業内容に応じた選択を可能としており、走行においては、牽引力と負荷に応じた自動変速機の Hi⇄Lo 切換えにより走破性を実現している。油圧システムには、ブームストロークエンド電子クッション、ブーム・アームエネルギー再生回路、旋回揺戻し防止弁、ダイヤル式燃料コントロール、オートデセルなどを採用して、操作性向上や燃費低減設計としている。労働安全労働法および OPG トップガード (レベル I) のヘッドガード基準に適合した一体成形、加圧式キャブを搭載しているほか、操作レバーがロック位置でのみ始動可能なエンジンニュートラルスタート機構、油圧ポンプ室とエンジン室を仕切るファイヤウォール、トラベルアラーム、ブーム自然降下防止弁、オートマチックスイングブレーキ、旋回ロックスイッチなどを採用して安全性を向上している。狭所旋回を考慮したラウンド形キャブのドアは吊下げ構造のスライド開閉式で、フロントウィンドーは上部へフルアップで開閉できるようにしている。オイルクーラとアフタークーラの横並び配置、入口に向けて傾斜をつけたキャブフロアマット、プライミングポンプ内蔵でウォータセパレーター機能付きの燃料プレフィルタなどでメンテナンス性をよくしている。エンジンオイルとフィルタの交換間隔 500 h、作動油交換間隔 5,000 h、作動油フィルタ交換間隔 1,000 h、作業機ピン部の給脂間隔 500 h に延長してメンテナンス性を向上している。稼働情報管理機能 (KOMTRAX) を

## 新機種紹介

搭載しており、迅速なサービス対応を可能にしている。

その他、作業安定性向上、各部強化、共用配管装備などを図った解体仕様（後方超小旋回形に該当せず）、移動式クレーン構造規格等に定められた安全装置を装備したアームクレーン仕様、ブレーカ、クラッシャなどが装着できるアタッチメント仕様が確立されており、各種作業への対応を便利にしている。

表—3 PC 228 US(LC)-3 E0 の主な仕様

	PC 228 US-3 E0	PC 228 USLC-3 E0
標準バケット容量 (m <sup>3</sup> )	0.8	0.8
機械質量 (t)	21.5	22.8
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	110(150)/2,000	110(150)/2,000
最大掘削深さ×同半径 (m)	6.62×9.875	6.62×9.875
最大掘削高さ (m)	10.7	10.7
最大掘削力 (バケット) (kN)	138	149
作業機最小旋回半径/ 後端旋回半径 (m)	2.31/1.68	2.31/1.68
走行速度 高速/低速 (km/h)	5.5/4.1/3.0	5.5/4.1/3.0
登坂能力 (度)	35	35
最低地上高 (m)	0.44	0.44
接地圧 (kPa)	49.1	40.2
全長×全幅×全高 (輸送時) (m)	8.70×2.98×3.035	8.89×3.08×3.035
価格 (百万円)	18.5	19



写真—3 コマツ「GALEO」PC 228 US-3 E0 油圧ショベル（後方超小旋回形）

06-(02)-16	クボタ ミニショベル（超小旋回形） RX-153 S ほか	'06.07 発売 モデルチェンジ
------------	-------------------------------------	----------------------

環境対応性、狭所作業性、居住性、安全性、耐久性、メンテナンス性などの向上を図ってモデルチェンジした2機種、RX-153 S と RX-203 S である。エンジンは国土交通省の排出ガス対策（3次規制）基準値をクリアするものを搭載しており、騒音対策では、同省の超低騒音型建設機械に適合する。RX-153 S はブレードおよびクローラ全幅を変更できる可変脚型で、狭い通路（幅1m）への進入、通過を良くしている。両機ともに、バケットが運転室干渉領域に入る前にブームが止まることなく運転室を回避する運転席干渉自動回避システムを装備しており、スムーズな運転を可能にしている。標準バケット、平爪バケット、ブレーカ（RX-203 S）などのアタッチメントに応じてアームの揺込み位置を3モードで自動的に制限す

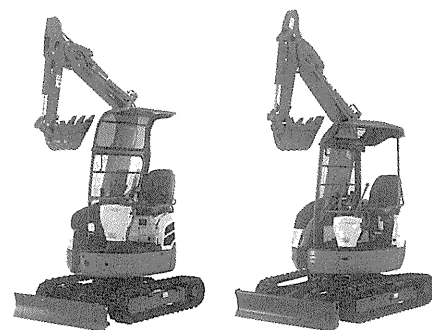
る切替えスイッチを設けており、ブレーカ装着の場合でもブームシリンダへの接触などによる破損を防いでいる。ブーム、アーム、旋回それぞれ独立したポンプを使用する3ポンプシステムを採用し、バケット、ブーム、アーム、旋回の同時操作を可能としている。また、走行時にブームを操作しても、蛇行したり速度の変化を生じることがなく、安定した直進走行ができる。油圧パイロット式レバーを採用し、掘削力の増強のほか、けん引力を従来比20%アップして、走行2速の機動性を有効にしている。作業機のブーム先端や走行モータサポート部に鋳鋼部品を、また、スプリング入り緊張装置付き強化ゴムクローラなどを採用して耐久性を向上した。エンジンニュートラルスタート機構、ドーザホースの分割式などを採用したほか、RX-203 S では操作レバー中立で作用するオートアイドル機構、旋回ネガティブブレーキを採用して安全性と低燃費・低騒音効果を高めている。後部と右側のボンネットはワンタッチで開閉が可能で、エンジン周りや燃料系のサービスを容易にしている。自己診断機能付き液晶ディスプレイを搭載しており、ICチップ埋込みで盗難防止するエンジンスタートキーの登録にも利用される。

表—4 RX-153 S ほかの主な仕様

	RX-153 S	RX-203 S
標準バケット容量 (m <sup>3</sup> )	0.036	0.060
機械質量 (t)	1.53	1.99
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	8.8(12)/2,100	14.0(19)/2,200
最大掘削深さ×同半径 (m)	1.935×3.48	2.210×3.86
最大掘削高さ (m)	4.04	4.63
バケットオフセット量 左/右 (m)	0.560/0.475	0.68/0.47
最大掘削力 (バケット) (kN)	13.0	21.2
作業機最小旋回半径/ 後端旋回半径 (m)	0.62/0.62	0.70/0.70
走行速度 高速/低速 (km/h)	3.6/2.0	4.2/2.2
登坂能力 (度)	30	30
シュー幅×クローラ全長 (m)	0.23×1.585	0.25×1.860
最低地上高 (m)	0.160	0.265
全長×全幅×全高 (輸送時) (m)	3.20×(0.99~1.24)×2.215	3.66×1.40×2.27
価格 (百万円)	3.57	3.885

(注) (1) ゴムクローラ、キャノピ仕様を示す。

(2) RX-153 S 全幅は、可変脚寸法（縮小時～拡張時）で示す。



写真—4 クボタ「KINGLEV」RX-153 S（左）とRX-203 S（右）ミニショベル（超小旋回形）

## 新機種紹介

06-〈02〉-17	石川島建機 ミニショベル (後方超小旋回形) 40 VX ほか	'06.08 発売 モデルチェンジ
------------	---------------------------------------	----------------------

生産性、環境対応性、安全性、耐久性、メンテナンス性などを向上し、作業範囲と掘削力を増強してモデルチェンジしたミニショベル2機種40 VXと50 VXである。エンジンに国土交通省の排出ガス対策(3次規制)基準値をクリアできるものを搭載しており、現在、国土交通省の2次規制、EPA(米国環境保護局)の2次規制、EU(欧州)の3次規制に適合している。また、騒音対策の実施によって国土交通省の低騒音型建設機械にも指定されている。走行を高速/低速の2速としており、高速/低速の切換えスイッチを走行レバーグリップ部と左コンソールボックス上面の2箇所に設置して便利にしている。走行しながらのタッチメント操作や長距離の走行に便利な走行ペダルは折畳み式で、使用しない場合は折畳みにより足を広げることができる。ブーム停止位置からの自然降水量を最小限に抑えるブームホールディングバルブ、セーフティレバーを上げるか、エンジンを停止したときに作動する旋回駐車ブレーキ、ROPS/ヘッドガード規格の4本柱キャノピなどを装備して安全対応を図っている。防錆スチールのスパイラル構造を取入れた強化ゴムクローラ、大形化したブームスイングブラケットと縦ピン、底板に補強板を追加したバケット、錆びに強いアルミ製のラジエータと

表一5 40 VX ほかの主な仕様

	40 VX	50 VX
標準バケット容量 (m <sup>3</sup> )	0.14	0.16
機械質量 (t)	4.65[4.81]	4.85[5.01]
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	27.3(37.1)/2,300	27.3(37.1)/2,300
最大掘削深さ×同半径 (m)	3.60×5.95	3.80×6.17
最大掘削高さ (m)	5.68	5.90
バケットオフセット量 左/右 (m)	0.885/0.750	0.885/0.750
最大掘削力(バケット) (kN)	35	40
作業機最小旋回半径 / 後端旋回半径 (m)	2.24/0.995	2.27/0.995
走行速度 高速/低速 (km/h)	4.8/2.6	4.8/2.6
登坂能力 (度)	30	30
接地圧 (kPa)	27[28]	28[29]
全長×全幅×全高(輸送時) (m)	5.33×1.99×2.465	5.48×1.99×2.465
価格 (百万円)	5.50	5.85

(注) ゴムクローラ、ROPSキャノピ[キャブ]仕様を示す。



写真一5 石川島建機 40 VX ミニショベル (後方超小旋回形)

作動油クローラや樹脂製の燃料タンクなどの採用で耐久性を向上している。クローラフレームは山形構造として土砂落ちを良くし、エンジンカバー、上部カバー、右サイドカバーをフルオープンとしてコントロールバルブや油圧系統、ラジエータへのアクセスを容易にし、カプラ付きの油圧測定ポートの装備、焼結ブッシュの使用で作業機の給脂間隔を250hに延長(バケット回りは100h)などでメンテナンス性を向上している。

オプションとして、ROPS/FOPSキャブ、エアコン、オートデセル、ロングアームなどと、クレーン仕様を用意している。

## ▶ 〈05〉クレーン、エレベータ、高所作業車およびウインチ

06-〈05〉-03	タダノ ラフテレーンクレーン (伸縮ブーム形) GR-120 F	'06.04 発売 新機種
------------	--	------------------

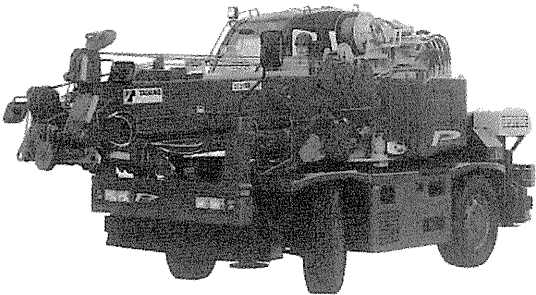
不整地や比較的軟弱地での走行を可能とし、都市部での建設工事にも対応できるコンパクトで小回りのきくラフテレーンクレーンである。メインブームは五角形4段油圧伸縮式(2段目順次、3、4段目同時)で、先端に自在にチルトできる五角形6段油圧伸縮式(2、3段目順次、4、5、6段目同時)ジブを備えて、電線越え、高架下、ビル屋上への送込みなど、懐の深い作業性を可能にしている。ジブの張出しは反転張出し式で、車体の範囲内での展開を可能としており、張出し、格納の操作はすべてキャビン内で行える。走行において4輪ステアリングで右折する場合、最小直角通路幅(ブーム先端出口通路幅)は4.37mとしている。エンジンは、国土交通省の排出ガス対策(2次規制)基準値をクリアするもので、低騒音型建設機械の指定も取得している。夜間や住宅地での作業に備えて、エンジン最高回転数を1,300rpmに抑制する低騒音モードを設けている。巻き上げ装置はシングルウインチ2基を採用し、油圧モータ駆動遊星歯車減速式、自動ブレーキ付きとしている。2モータ2ドラムウインチ方式としているので、メインフック、サブフックの切換えなしで操作ができる。走行駆動方式は2輪駆動、4輪駆動の切換え式で、トルクコンバータ、前進3段、後進1段(Hi, Lo付き)の自動変速機を採用している。ステアリング装置は2輪または4輪の全油圧・換向式で、逆ステアリング補正機構付きである。装着タイヤの種別(275/80R22.5または295/80R22.5)により全高、輪距、最小回転半径などの仕様値を別にしている。ブレーキ装置として、主ブレーキの空気油圧複合式ディスクブレーキ、駐車ブレーキの機械式推進軸制動内部拡張式ブレーキ、補助ブレーキの排気管開閉式排気ブレーキと作業用補助制動装置を装備している。作業装置の安全装置として、過負荷防止装置、旋回自動停止装置、起伏緩停止機能、ジブオフセット緩停止機能、巻過ぎ防止装置、作業領域制御装置、アウトリガ張出し幅検出装置、水準器、各種油圧ロック装置などを備えており、また、車体部では、後輪ステアリングロック装置、エンジンオーバーラン警報装置、オーバシフト防止装置、駐車ブレーキ警報装置、ブーム下面モニターテレビなどを搭載している。

## 新機種紹介

表—6 GR-120 Fの主な仕様

吊上げ能力	メインフック/サブフック (t×m)	4.9×2.0/1.8×8.0
最大地上揚程	メインフック/サブフック (m)	19.0/30.7
最大作業半径	メインフック/サブフック (m)	13/23
車両総質量 (乗車定員1名)	(t)	14.695
最高出力	作業時・走行時 (kW(PS)min <sup>-1</sup> )	70(95)/1,600・125(170)/2,800
ブーム長さ/ジブ長さ	(m)	5.5~15.0/4.1~15.9
ブーム起伏角度/旋回角度	(度)	△3~82/360
ジブチルト角度	(度)	7~75
アウトリガ張幅 (H型) 伸~縮	(m)	4.70, 4.30, 3.50, 2.50, 1.64
最高走行速度	(km/h)	49
登坂能力	(tanθ)	0.46
最小旋回半径 2輪/4輪操向	(m)	6.5/3.8[6.8/4.1]
軸距×輪距 (前後輪共)	(m)	2.75×1.68[2.75×1.66]
タイヤサイズ (前後輪共)	(—)	275/80 R 22.5 151/148 J [295/80 R 22.5 153/150 J]
全長×全幅×全高	(m)	7.43×2.00×2.815 [7.43×2.00×2.830]
価 格	(百万円)	26

(注) タイヤサイズ 275/80 R 22.5 仕様 [295/80 R 22.5 仕様] の書式で示す。



写真—6 タダノ「PITAGORAS」GR-120 F ラフテレーンクレーン

06-(05)-04	加藤製作所 ラフテレーンクレーン (伸縮ブーム形) MR-350 SL	'06.07 発売 新機種
------------	---	------------------

不整地や比較的軟弱地での走行を可能にした 35 t 吊り能力のラフテレーンクレーンである。箱型 6 段油圧伸縮式 (2, 3 段同時, 4, 5, 6 段同時) ブームの先端には、油圧無段階傾斜式の 3 段油圧伸縮式 (2, 3 段同時) ジブを装着し、ブーム最大起伏角度を 83 度として、懐の広い接近作業を可能にしている。上部旋回体の後端旋回半径を小さくし、アウトリガの張出し幅を 5 段階として作業安全性に配慮している。走行においては、4 輪ステアリングで右折する場合、ブーム先端出口通路幅 5.07 m の直角通路の通過を可能にしている。エンジンは国土交通省の排出ガス対策 (2 次規制) 基準値をクリアするものを搭載しており、同省の低騒音型建設機械にも指定されている。油圧パイロット式操作レバーを採用し、経済的な走行が出来るようにシフトポジションを変更するエコノミーモードスイッチを設けて、発進加速時の燃費を最大 5% 向上している (平地直進時)。シングルウインチ 2 基搭載の巻上げ装置は、油圧モータ駆動・

遊星歯車減速機付き (ネガティブブレーキ内蔵) で、高低速切換え式、圧力補償付き流量調整弁付きとしている。走行駆動は、2 輪駆動と 4 輪駆動の切換え式で、トルクコンバータ (自動ロックアップクラッチ付き) と全自動および手動変速式の前進 4 段、後進 2 段 (Hi/Lo 切換え) 変速機のパワートレインとしている。全油圧式パワーステアリング装置 (逆ステアリング補正機構付き) を搭載して、前 2 輪、カウンタ、クラブ、後 2 輪、前後輪独立の 5 ステアリング方式を設定している。2 系統空気油圧複合式・4 輪ディスクブレーキの主ブレーキ、空気式・推進軸制動内括式の駐車ブレーキ、排気ブレーキ (電子制御によるトルコンロックアップ連動)、渦電流式リターダ、作業用補助制動装置などの補助ブレーキを備えている。作業安全装置として、音声警報装置付き過負荷防止装置、旋回自動停止装置、ブーム起伏緩停止装置、ブーム伸長緩停止装置、作業範囲制限装置、アウトリガ張出し幅自動検出装置、ブーム自然降下防止装置、過巻防止装置、ドラムロック装置 (補巻)、ドラムホルド安全装置、自動ブレーキ装置、乱巻防止装置、油圧安全弁、アウトリガロック装置、旋回ロック装置、旋回警告灯、作動油オーバーヒート警報装置、作動油フィルタ目づまり警報装置などを、また、車両安全装置として、緊急用かじ取り装置、後輪ステアリングロック装置、ミスシフト防止装置、ブレーキ液漏警報装置、サスペンションロック装置、オーバラン警報装置などを装備している。

表—7 MR-350 SLの主な仕様

吊上げ能力	メインフック/サブフック (t×m)/(t×度)	35×2.6/3.2×76
最大地上揚程	メインフック/サブフック (m)	33.40/47.3
車両総質量 (乗車定員1名)	(t)	28.055
最高出力	(kW(PS)min <sup>-1</sup> )	205(279)/2,700
ブーム長さ/ジブ長さ	(m)	7.5~32.5/6.5~14.0
ブーム起伏角度/旋回角度	(度)	△10~83/360
ジブチルト角度	(度)	5~60
後端旋回半径	(m)	2.85
アウトリガ張幅 (H型) 伸~縮	(m)	6.80, 6.30, 5.20, 4.20, 2.31
最高走行速度	(km/h)	49
登坂能力	(tanθ)	0.60
最小旋回半径 2輪/4輪操向	(m)	8.2/4.9
軸距×輪距 (前後輪共)	(m)	3.65×2.17
タイヤサイズ (前後輪共)	(—)	385/95 R 25 170 E Road
全長×全幅×全高	(m)	9.685×2.62×3.595
価 格	(百万円)	54.6



写真—7 加藤製作所 MR-350 SL ラフテレーンクレーン



## 新機種紹介

## ▶ &lt;10&gt; 環境保全装置およびリサイクル機械

06-<10>-04	日立建機 自走式破碎機 (クローラ式) ZR 950 JC	'06.08 発売 新機種
------------	-------------------------------------	------------------

ビル解体工事現場や土木工事現場などで発生するコンクリートがらから自然石までを、幅広く破碎処理するシングルトルゲル型ジョークラッシャ搭載の自走式破碎機である。従来のトルゲルプレート折損による保護方式に換えて、油圧式のクラッシャ保護機能（オーバロードシリンダ）を採用しており、異物混入時にクラッシャ出口の隙間を開いて異物を排出し、排出により開いた隙間を設定値まで自動的に復帰させるセルフリカバリ機能を搭載している。排出隙間設定は油圧調整式としており、設定値はモニタパネルで入力操作する。原料の供給装置は振動グリズリフィーダ（2段）で、供給量はオートフィーダ機能で最適に制御される。コンクリートがら破碎時に破碎物から鉄筋などを取除くために、吊下げ形の永久磁石使用の磁選機を標準装備している。エンジンは、日米欧の排出ガス対策（3次規制）基準値をクリアするものを搭載して環境保全対応を図っている。上部フロアへの昇降用折りたたみアクセスラダーを備えており、フロア中央部にはアクセスハッチを設置してクラッシャのメンテナンスを容易にしている。走行操作には有線リモコンを標準装備しており、運搬においては、30tトレーラの使用を考慮した設計としている。

オプションとして、油圧シリンダにより折りたたみ可能なサイドコンベヤ（幅 450 mm）、作業用無線リモコン（フィーダ起動・停止、クラッシャ起動・停止、ホーン、全停止）、走行用無線リモ

ットコントロール（走行前後進、走行速度高速/低速切替え、ホーン、全停止）などが用意されている。

表-8 ZR 950 JC の主な仕様

最大供給塊サイズ	(m)	0.42
供給口寸法	(m)	0.93×0.53
排出隙間調整範囲	(mm)	25~130
ホッパ大きさ/投入高さ	(m)	2.56×3.45/3.2
排出ベルトコンベヤ幅/排出高さ	(m)	0.9/2.97
運転質量	(t)	29.8
定格出力	(kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	140(190)/2,100
走行速度 高速/低速	(km/h)	3.0/1.5
登坂能力	(度)	20
シュー幅×接地長さ-2本	(m)	0.5×3.37-2本
最低地上高 作業時/輸送時	(m)	0.17/0.28
燃料タンク容量	(L)	400
全長×全幅×全高 (作業時)	(m)	12.4×2.9×3.2
価格	(百万円)	48

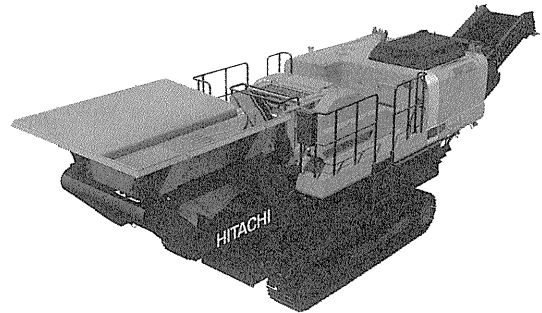


写真-8 日立建機「Hi-OSS」ZR 950 JC 自走式破碎機

## 建設機械用語集

- ・建設機械関係業務者一人一冊必携の辞典。
- ・建設機械関係基本用語約 2000 語（和・英）を収録。
- ・建設機械の設計・製造・運転・整備・工事・営業等業務担当者用辞書として好適。

B5判 200頁 定価 2,100円（消費税込）：送料 600円  
 会員 1,890円（消費税込）：送料 600円

## 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289

### 建設業の現況

#### 1. まえがき

建設投資が低迷化するなかで、建設業は依然厳しい環境下にある。そのような中で建設業の業況について直近のデータを交え、その内容について紹介する。

#### 2. 建設投資の推移

2006年度の政府投資は、一般公共事業費及び地方単独事業費が減少することから前年度比8.7%減の18兆1,500億円となる見通しであるが、民間住宅及び民間非住宅建設投資は景気拡大の中で安定して増加し、各々18兆8,600億円(1.4%増)、15兆8,900億円(6.1%増)となり、建設投資全体で、前年度比1.0%減の52兆9,100億円になる見通しである(図-1)。

#### 3. 全国許可業者数の推移

平成18年3月末現在の建設業許可業者数は542,264業者で、前年同月比3.6%減となった。許可業者数が減少した理由としては、新規に許可を取得した業者は20,085業者で前年度比10.2%の増加であるのに対し、平成17年度に建設業許可を失効した業者は40,482業者あり、このうち更新手続きを行わないことにより許可を失効した業者が27,774業者と前年度比429.9%の増加であったためと思われる。

これは、平成6年12月に許可の有効期限が3年から5年に延長されたことに起因して、許可の更新期を迎える業者の多い年度と少ない年度が発生し、平成17年度に更新期を迎えた業者が平成16年度の3倍程度となったことも一因と考えられる(図-2)。

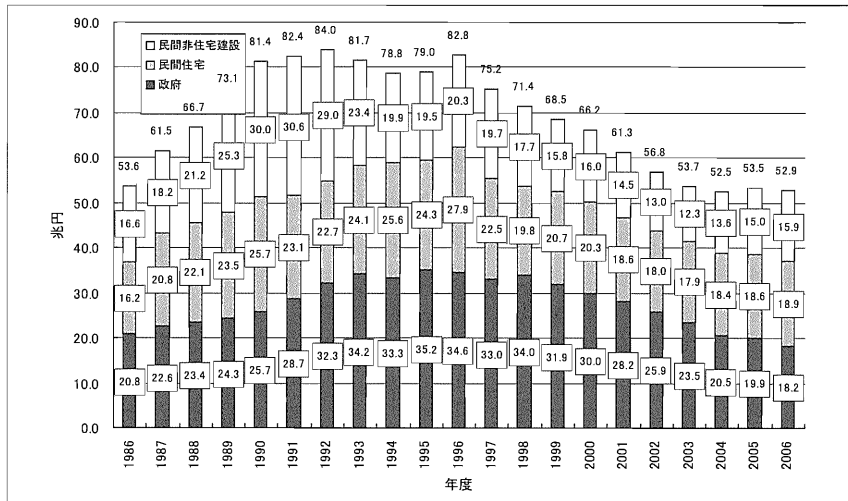


図-1 建設投資推移 (資料出所: 国土交通省)

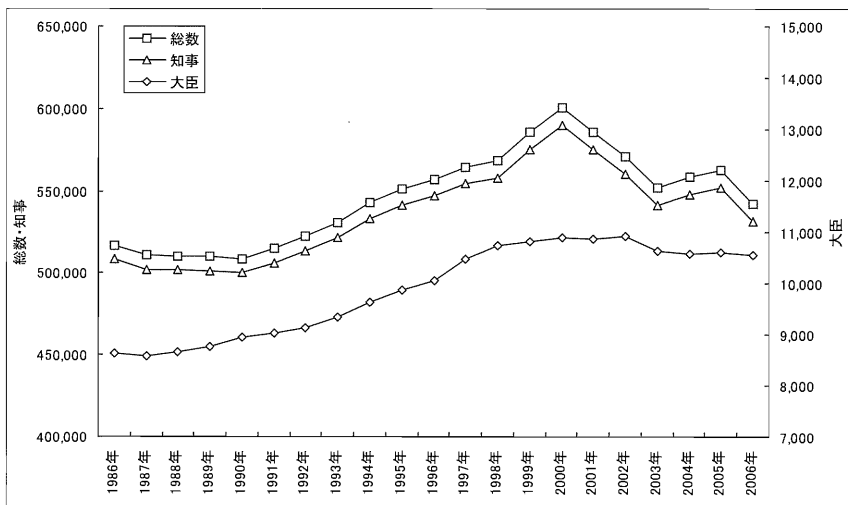


図-2 全国建設業許可業者数 (資料出所: 国土交通省)

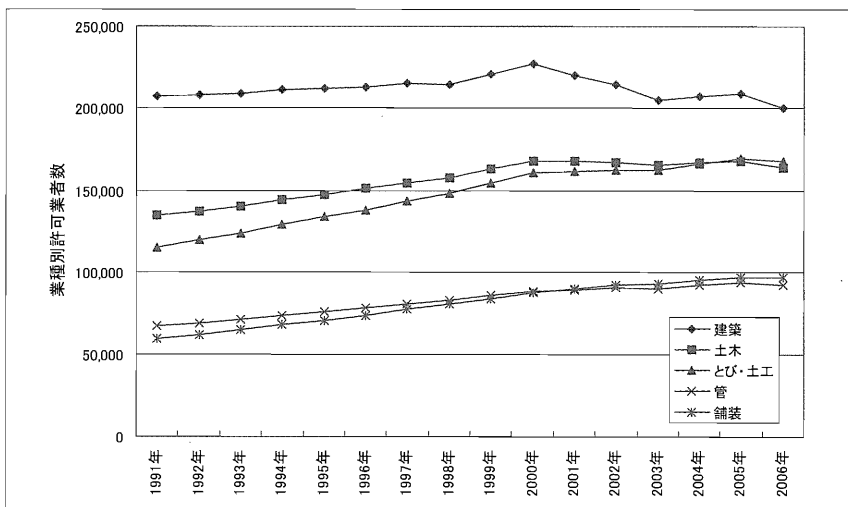


図-3 業種別許可業者数の推移 (資料出所: 国土交通省)

4. 業種別許可業者数の推移

業種別許可業者数の総数は、1,461,153業者で、このうち複数業種で許可を受けている業者の割合は47.4%となる。

全28業種中において、許可業者数の多い業種は、建築工事業、土木工事業、とび土木工事業、管工事業、舗装工事業の5業種となっている(図-3)。

また、前年同月比で増加したのは15業種であり、減少したのは13業種となっている。増加率・減少率の高い3業種の業者数と前年比を表-1に示す。

表-1 増加率・減少率の高い3業種の業者数と前年比

	増加率の高い3業種			減少率の高い3業種		
	熱絶縁	防水	ガラス	清掃施設	建築	さく井
2006年	9,580	20,392	11,628	689	200,300	3,194
2005年	9,141	19,655	11,249	739	208,833	3,284
前年比	+4.8%	+3.7%	+3.4%	-6.8%	-4.1%	-2.7%

5. 死傷者及び死亡者数の推移

2005年の死傷者数は全産業において引き続き減少し、120,354名となっている。2004年に5年振りの増加となった建設業の死亡者は、2005年は497名と前年度比16.3%の減少となった。

死亡災害の工種別発生状況では、建築工事及び設備工事では墜落が最も多く、各々全体の56.3%、38.5%となり、土木工事では建設機械等が最も多く22.4%を占めている(図-4)。

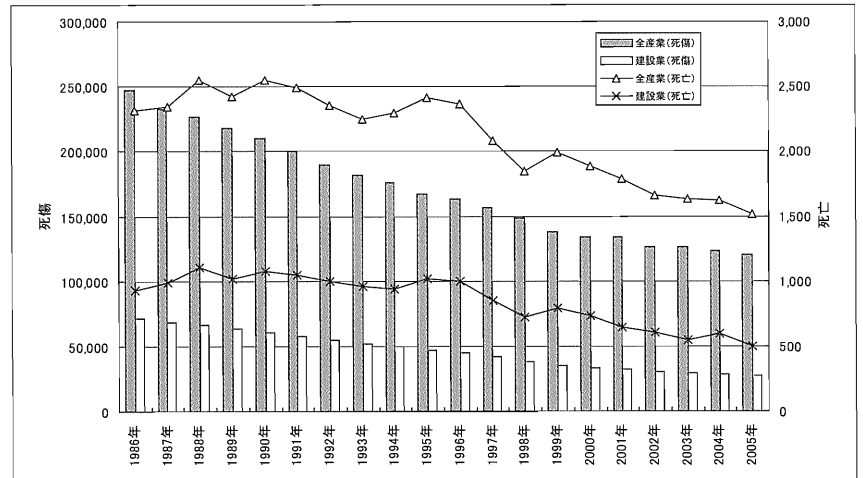


図-4 死傷者、死亡者の推移(資料出所:建設業労働災害防止協会)

6. 産業別倒産件数の推移

2005年の全国企業倒産件数(負債総額1,000万円以上)は、12,998件(前年度比4.9%減)となり、14年振りに13,000件を下回った。

産業別では、10産業中6産業で倒産件数が前年を下回った。倒産件数が最も多いのは建設業で3,783件(全体の29.1%)となり、負債総額が最も多いのは不動産業で1兆7,057億9,100万円(全体の25.4%)となった(図-5)。

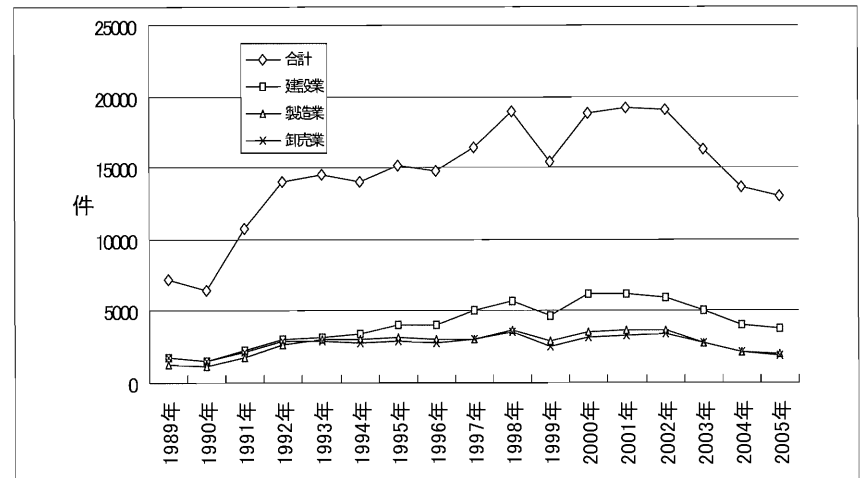


図-5 産業別倒産件数の推移(資料出所:東京商工リサーチ)

7. 産業別・男女別就業者数の推移

2005年の就業者総数は前年に比べ27万人増加の6,356万人となり、2年連続

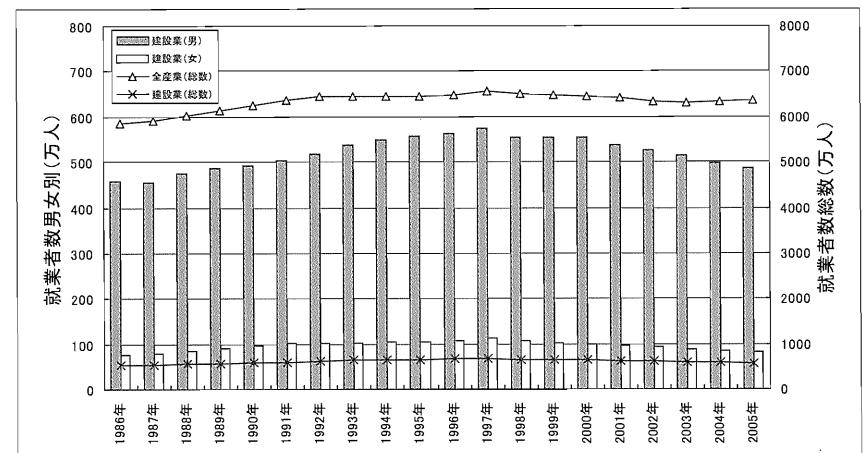


図-6 産業・男女別就業者数推移(資料出所:総務省)

## 統計

の増加となった。これに対し建設業の就業者は16万人減少し568万人と8年連続で減少している(図-6)。また、建設業の男女別就業者数とピーク年(1997年)との比較を表-2に示す。

表-2 建設業の男女別就業者数とピーク年との比較(単位:万人)

	男性就業者数	女性就業者数	総数
2005年	487	81	568
1997年	573	112	685
ピーク年比	-15.0%	-27.7%	-17.1%

## 8. まとめ

2006年度の建設投資見通しは、平成8年から8年連続して減少した後、この3年間は横ばいで昭和60年から61年頃の建設投資額とほぼ同じとなる見込みである。このうち政府投資の減少化は引続き見られるが、民間投資見通しに関しては3年連続で微増となる見込みで、着実な回復傾向が見られる。

# 橋梁架設工事の積算

## 平成18年度版

### ■内 容

国土交通省の土木積算基準、建設機械等損料並びに材料費・労務費の改正等に併せて内容の改訂・補充を行いました。

主な項目は以下のとおりです。

- (1) 架設用機械損料及び機械設備複合損料の改訂
- (2) 施工歩掛の新規及び一部追加掲載
  - ・歩道橋及び側道橋架設工
  - ・PCバイプレ工法セグメント桁の主桁組立工、及び同場所打桁の圧縮鋼材工
  - ・コンクリート床版の炭素繊維補強工法
  - ・その他(鋼床版吊り金具切削工、敷鉄板設置工、検査路用足場・アンカーボルト設置工、橋名板・高欄・排水設置工、PCコンボ橋床

版の側部足場設置工等)

- (3) 施工歩掛の改正
  - ・諸雑費率(主桁全断面溶接工、補修工事等)
  - ・補修コンクリートアンカー工
- (4) その他
  - ・TEG工法の紹介
  - ・工種内容の説明補足

■B5判 約1,100頁(カラー写真入り)

### ■定 価

非会員:8,400円(本体8,000円)

会 員:7,100円(本体6,800円)

送 料:会員・非会員とも

沖縄県以外 700円

沖縄県 450円(県内に限る)

※学校及び官公庁関係者は会員扱い

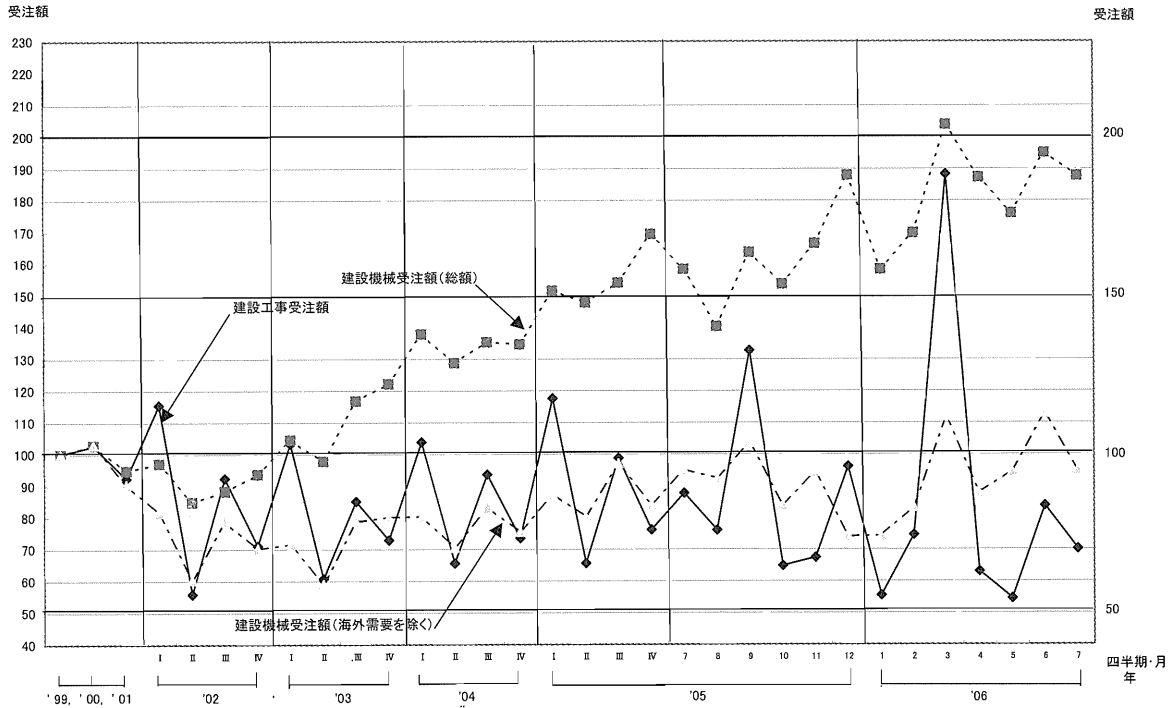
## 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8(機械振興会館)

Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289 <http://www.jcmanet.or.jp>

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 1999年平均=100)  
 建設機械受注額：建設機械受注統計調査(建設機械企業数24前後) (指数基準 1999年平均=100)



建設工事受注動態統計調査(大手50社)

(単位：億円)

年月	総計	受注者別						工事種別		未消化工事高	施工高
		民間			官公庁	その他	海外	建築	土木		
		計	製造業	非製造業							
1999年	155,242	96,192	12,637	83,555	50,169	4,631	4,250	97,073	58,169	186,191	164,564
2000年	159,439	101,397	17,588	83,808	45,494	6,188	6,360	104,913	54,526	180,331	160,536
2001年	143,383	90,656	15,363	75,293	39,133	6,441	7,153	93,605	49,778	162,832	160,904
2002年	129,862	80,979	11,010	69,970	36,773	5,468	6,641	86,797	43,064	146,863	145,881
2003年	125,436	83,651	12,212	71,441	30,637	5,123	5,935	86,480	38,865	134,414	133,522
2004年	130,611	92,008	17,150	74,858	27,469	5,223	5,911	93,306	37,305	133,279	131,313
2005年	138,966	94,850	19,156	75,694	30,657	5,310	8,149	95,370	43,596	136,152	136,567
2005年7月	11,348	6,949	1,273	5,677	2,239	416	1,743	7,076	4,272	137,122	9,743
8月	9,830	7,234	1,614	5,621	2,054	416	126	7,153	2,677	136,119	10,925
9月	17,164	12,623	2,111	10,513	3,422	513	605	13,073	4,091	140,240	13,001
10月	8,382	5,560	1,034	4,526	2,057	405	360	5,755	2,627	138,588	10,028
11月	8,718	6,326	1,243	5,082	1,354	433	605	6,321	2,396	136,731	10,857
12月	12,429	9,019	1,848	7,171	2,110	481	819	9,085	3,344	136,152	12,703
2006年1月	7,186	5,614	1,269	4,345	995	362	215	5,251	1,935	131,489	12,383
2月	9,641	6,937	1,299	5,638	1,720	453	531	6,809	2,833	130,007	10,959
3月	24,365	17,172	3,320	13,852	5,064	589	1,539	17,761	6,604	134,733	19,630
4月	8,153	6,597	1,922	4,675	893	425	237	6,069	2,085	137,143	9,045
5月	7,056	5,705	1,575	4,130	633	423	294	5,598	1,458	134,880	9,193
6月	10,826	7,713	1,933	5,780	1,721	553	839	8,375	2,451	134,201	12,015
7月	9,065	6,547	1,523	5,023	1,089	400	1,029	6,173	2,891	—	—

建設機械受注実績

(単位：億円)

年月	'99年	'00年	'01年	'02年	'03年	'04年	'05年	'05年7月	8月	9月	10月	11月	12月	'06年1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
総額	9,471	9,748	8,983	8,667	10,444	12,712	14,749	1,250	1,107	1,292	1,213	1,314	1,484	1,249	1,340	1,609	1,478	1,389	1,540	1,482
海外需要	3,486	3,586	3,574	4,301	6,071	8,084	9,530	776	646	775	794	843	1,115	879	925	1,051	1,040	917	977	1,008
海外需要を除く	5,985	6,162	5,409	4,365	4,373	4,628	5,219	474	461	517	419	471	369	370	415	558	438	472	563	474

(注) 1999年～2001年は年平均で、2002年～2005年は四半期ごとの平均値で図示した。  
 2005年7月以後は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査  
 内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

## … 行事一覧 …

(2006年8月1日～31日)

### ■ 機 械 部 会

#### ■ 機械部会幹事会技術連絡会

月 日：8月1日(火)  
出席者：山口 武委員長ほか18名  
議 題：①各技術委員会他による活動  
成果の発表 ②その他

#### ■ トンネル機械技術委員会幹事会

月 日：8月2日(水)  
出席者：大坂 衛委員長ほか7名  
議 題：①平成18年度上期分科会活  
動実績について ②平成18年度下期  
分科会活動計画について ③その他

#### ■ トンネル機械技術委員会環境保全分科会

月 日：8月8日(火)  
出席者：坂下 誠分科会長ほか7名  
議 題：①報告書本文の審議 ②現状  
分析討議 ③その他

#### ■ コンクリート機械技術委員会

月 日：8月10日(木)  
出席者：大村高慶委員長ほか9名  
議 題：①トラックミキサの安全要求  
事項について ②その他

#### ■ トンネル機械技術委員会未来技術開発分科会

月 日：8月10日(木)  
出席者：森 政嗣分科会長ほか7名  
議 題：①分岐合流技術調査表の内容  
検討 ②調査担当の決定について

#### ■ 油脂技術委員会・JCMAS 油脂規格普及分科会

月 日：8月23日(水)  
出席者：長尾正人分科会長ほか7名  
議 題：①オンファイルシステム ②  
オンファイルシステムマニュアル

#### ■ ショベル技術委員会

月 日：8月24日(木)  
出席者：此村 靖委員長ほか9名  
議 題：①燃費測定法について ②要  
覧改訂について ③その他

#### ■ トンネル機械技術委員会技術研究分科会

月 日：8月24日(木)  
出席者：福田日出男分科会長ほか7名  
議 題：①長距離・高速施工に関する  
報告書作成 ②シンポジウム発表

#### ■ 情報化機器技術委員会

月 日：8月24日(木)  
出席者：中野一郎委員長ほか5名  
議 題：①情報化機器ケーススタディ  
②電装品標準化検討 ③その他

#### ■ トラクタ技術委員会

月 日：8月25日(金)  
出席者：斉藤秀企委員長ほか5名  
議 題：①燃費測定法について

#### ■ トンネル機械技術委員会さく岩機分科会

月 日：8月25日(金)  
出席者：阿部裕之分科会長ほか6名  
議 題：①C規格 JIS 原案の精査  
②訳語表の追補精査 ③適用範囲検討

#### ■ トンネル機械技術委員会 TBM 分科会

月 日：8月29日(火)  
出席者：寺田紳一分科会長ほか5名  
議 題：①EN 815 和訳の精査 ②平  
成18年度分科会活動について

#### ■ 除雪機械技術委員会技術検討 WG

月 日：8月30日(水)  
出席者：谷崎敏彦委員長ほか16名  
議 題：①除雪機械の技術資料の検討  
②平成18年度上期の活動計画

### ■ 製 造 業 部 会

#### ■ 製造業部会幹事会

月 日：8月1日(火)  
出席者：山田 透幹事長ほか10名  
議 題：①製造業部会活動内容につ  
いて ②マテリアルハンドリング WG  
活動報告 ③クレーン道路通行 WG  
活動報告 ④作業燃費 WG 活動報告

#### ■ 製造業部会作業燃費検討 WG

月 日：8月2日(水)  
出席者：田中利昌リーダーほか15名  
議 題：①作業燃費測定法(JCMAS)  
の改正案について ②制度骨子の検討

### ■ 建 設 業 部 会

#### ■ 建設業部会三役会

月 日：8月9日(水)  
出席者：佐治賢一郎部会長ほか4名  
議 題：①秋の見学会の企画 ②意見  
交換会の内容決定 ③機械部門の現状  
アンケートについて ④次の三カ年  
についての考え方の意見交換

#### ■ 建設業部会環境分科会

月 日：8月28日(月)  
出席者：杉沢 博分科会長ほか4名  
議 題：環境用語集の内容のチェック

#### ■ 建設業部会建設機械の安全提案分科会

月 日：8月30日(水)  
出席者：篠原 望分科会長ほか7名  
議 題：①建設業部会会員からの情報  
収集方法について協議 ②不具合事故  
情報の提供依頼文について協議

### ■ 広 報 部 会

#### ■ 広報部会シンポジウム実行委員会

月 日：8月8日(火)  
出席者：竹之内博行委員長ほか11名  
議 題：①発表論文の応募状況 ②ア  
ブストラクトの査読結果 ③開催要領  
案 ④今後の予定

### ■ 各 種 委 員 会 等

#### ■ 機関誌編集委員会

月 日：平成18年8月2日(水)  
出席者：編集委員18名  
議 題：①平成18年11月号(第681  
号)の計画 ②平成18年12月号(第  
682号)の素案 ③一般投稿報文の査  
読結果の検討

#### ■ 新機種調査分科会

月 日：平成18年8月22日(火)  
出席者：渡部務分科会長ほか6名  
議 題：新機種情報の検討・選定

#### ■ 建設経済調査委員会

月 日：平成18年8月30日(水)  
出席者：委員5名  
議 題：建設資材投資見通しの検討

## … 支部行事一覧 …

### ■ 北 海 道 支 部

#### ■ 第2回広報部会広報委員会

月 日：8月2日(水)  
出席者：林勝義委員長ほか9名  
議 題：支部だよりの発行及び建設現  
場見学会等について

#### ■ 第5回技術部会技術委員会

月 日：8月25日(金)  
出席者：堅田豊部会長ほか16名  
議 題：除雪機械技術講習会のテキス  
ト等について

#### ■ 第4回技術部会施工技術整備検定委員会

月 日：8月28日(月)  
出席者：北村征委員長ほか15名  
議 題：平成18年度建設機械施工技  
術検定実地試験の実施要領について

### ■ 東 北 支 部

#### ■ 広報部会

月 日：8月7日(月)  
出席者：菅原部会長ほか4名  
議 事：平成18年度支部たより編集



計画について

■ゆきみらい会津実行委員会

月 日：8月8日(火)

場 所：会津若松市(会津若松ワシントンホテル)

参加者：小野会長ほか1名

議 事：①実行委員会設立 ②基本計画・財務要領

■東北地方整備局除雪講習委員会(施工部会)

月 日：8月9日(水)

出席者：施工部会長ほか1名出席

議 題：平成18年度除雪講習会計画の承認申請について

■施工部会除雪分科会

月 日：8月25日(金)

出席者：山崎晃施工部会長ほか9名

議 事：平成18年度除雪講習会

■広報部会

月 日：8月25日(金)

出席者：菅原部会長ほか9名

議 事：支部たより149号編集計画

■技術部会

月 日：8月28日(月)

出席者：深堀部会長ほか3名

議 事：9月1日の総合防災訓練

■技術部会

月 日：8月31日(木)

出席者：深堀部会長ほか3名

議 事：9月1日の総合防災訓練

■北陸支部

■雪氷部会ワーキング

月 日：8月2日(水)

出席者：堤座長ほか8名

議 題：道路除雪オペレータの手引きの改訂について

■ほくりく橋の日 講演会ほか

月 日：8月4日(金)

場 所：リージョンプラザ上越

参加者：中森良次企画部会長ほか12名

講演：「上杉謙信の戦と橋」

■建設機械施工技術検定実地試験

月 日：8月29日(火)～30日(水)

場 所：コマツ教習所栗津センタ

受験者：1級64名、2級123名、計187名(延べ)

■中部支部

■道路ふれあい月間「みちフェスティバル」

月 日：8月5日(土)

場 所：名古屋オアシス21

内 容：西脇恒夫広報部会長ほか5名参加。建設機械のめりえを提供

来場者：約12,000名

■「建設技術フェア2006 in 中部」事務局会議

月 日：8月22日(火)

出席者：植村 靖企画部会委員出席

議 題：「建設技術フェア2006 in 中部」の実施について協議

■技術部会

月 日：8月23日(水)

出席者：中西 睦技術部会長ほか7名

議 題：技術発表会テーマ検討

■建設機械施工技術検定試験監督者打合せ

月 日：8月24日(木)

出席者：実地試験監督者7名

内 容：検定試験(実地)実施要領・監督要領について説明及び打合せ

■「建設技術フェア2006 in 中部」幹事会

月 日：8月25日(金)

出席者：五嶋政美事務局長代理出席

議 題：「建設技術フェア2006 in 中部」の実施について

■「最近の建設施工」映画会

月 日：8月29日(火)

内 容：①民衆のために生きた土木技術者たち(大成建設(株)) ②多層階免震工場―地震被害から大切な人命と生産装置を守る―(鹿島建設(株)) ③APAT工法―外部スパイラル鋼線巻立耐震補強工法/スパイラル筋巻立工法―((株)奥村組) ④営業線を切り替える―一現在線の仮受・撤去―((株)奥村組) ⑤新時代のトンネル構築システム―SENS―((株)熊谷組) ⑥回収型掘進機「やどかり君」((株)奥村組) ⑦20世紀中部の国土づくり―復興から発展へ―(建設省中部地方建設局)

参加者：約90名

■関西支部

■企画部会

月 日：8月3日(木)

出席者：本庄正史部会長ほか9名

議 題：①各部会・委員会の構成について ②平成18年度事業年次計画について ③1・2級建設機械施工技術検定試験について

■建設機械施工技術検定試験(実地)監督者打合せ会議

月 日：8月18日(金)

出席者：達家養浩総括試験監督者ほか19名

議 題：①平成18年度建設機械施工技術検定実地試験実施要領について ②採点基準 ③打合せ事項

■広報部会

月 日：8月25日(金)

出席者：安田佳央部会長ほか5名

議 題：①平成18年度年間事業計画 ②JCMA 関西第90号の取組み ③「建設技術展2006 近畿」実行委員会

■「建設技術展2006 近畿」実行委員会

月 日：8月31日(木)

出席者：安田佳央広報部会長ほか7名

議 題：「建設技術展2006 近畿」への出展について

■四国支部

■建設施工研修会(映写会)

月 日：8月2日(水)

場 所：サン・イレブン高松

内 容：「民衆のために生きた土木技術者たち」ほか9件映写

参加者：24名

■災害対策検討会の開催

月 日：8月22日(火)

場 所：サン・イレブン高松

議 題：①(社)日本建設機械化協会各支部の対応状況 ②四国の他の業団体の対応状況 ③過去の経緯 ④四国支部の支援可能な範囲 ⑤その他

出席者：尾崎宏一企画部会長ほか10名

■建設機械施工技術検定実地試験打合せ

月 日：8月28日(月)

場 所：建設クリエイティブビル

議 題：①実地試験実施要領 ②採点基準 ③デモンストレーション調査等

出席者：宮本正司総括試験監督者ほか6名

■九州支部

■建設機械施工技術検定実地試験

月 日：8月22日～25日

場 所：コマツ教習所(株)九州センタ、(株)日立建機教習センタ福岡教習所

受験者：1級197名、2級461名

■第5回企画委員会

月 日：8月30日(水)

出席者：古川恒雄支部長ほか15名

議 題：①上半期の事業実施結果について ②下半期の事業計画について

## 編集後記

小泉首相の後継者を定めるべく、名乗りを上げた3人の総裁選候補者の論戦華やかな時であります。本誌が皆様のお手元に届く頃には、晴れて新総理が決まっていることと思えます。

3人の候補者の中で、安倍官房長官の共同記者会見での主張の一つは、「経済成長にIT活用、投資促進に向けて政策減税を実施」とのこと。

今後、益々ITの重要性が高まってくる事は否めない事実と思われ、本誌の特集でも多方面からITの重要性・必要性が議論されております。

官民あげての一層の展開・実現が期待される分野の一つと思えます。

もう一つ、皇室に久々に男のお子様が生まれ、その経済波及効果は、一説には、数兆円単位で期待できるとのこと。

オーバーとも思われますが、日本経済の回復基調へ一層の刺激を与えることは間違いないと思えます。

これら、今後の日本経済の更なる発展へ好影響を及ぼす要因が、今後も色々出てくることを期待して、また、これらが地方経済の再構築に繋がることを期待して止みません。

新しい日本の建設には、一層の各種情報を駆使した情報化施工とIT

による効率的な工事が重要な役割を果たすことは必死でありましょう。

さて今回の特集であります『情報化施工とIT』について、計画素案を構築する段階において、参考文献、参考報文などの検索に始まり、途中段階で数回事務局の方々との個別の打合せを行い編集委員会での各委員からのご意見、ご指導、ご提案などを参考にこの10月号が出来上がりました。

文献の収集において、情報化施工とIT化は機械業界においては飛躍的に進歩しているものの、なかなか、企業としての特許出願などが絡んでいるのでしょうか、文献の収集に苦心したことを思い出します。

いっぽう、土木業界に目を向けたときには、大規模プロジェクトの縮小でしょうか？ せつかくのメーカーの技術進歩を十分に利用できるようなプロジェクトが減っているように感じました。

情報化施工のひとつに土質定数などの計測を実施しながらの大規模掘削などが以前から行われていたことを思い出しました。

終わりにあたりまして、ご多忙中にもかかわらず、当月号の報文の執筆にご協力をいただいた皆様方に感謝するとともに、編集委員会より厚く御礼申し上げます。

(和田・新野)

## 機関誌編集委員会

### 編集顧問

浅井新一郎	石川 正夫
今岡 亮司	上東 公民
岡崎 治義	加納研之助
桑垣 悦夫	後藤 勇
佐野 正道	新開 節治
関 克己	高田 邦彦
田中 康之	田中 康順
塚原 重美	寺島 旭
中岡 智信	中島 英輔
橋元 和男	本田 宣史
渡邊 和夫	

### 編集委員長

村松 敏光

### 編集委員

清水 純	国土交通省
浜口 信彦	国土交通省
照井 敏弘	農林水産省
夏原 博隆	鉄道・運輸機構
村東 浩隆	中日本高速道路
新野 孝紀	首都高速道路
坂本 光重	本州四国連絡高速道路
平子 啓二	水資源機構
吉村 豊	電源開発
松本 敏雄	鹿島
和田 一知	川崎重工業
岩本雄二郎	熊谷組
嶋津日出光	コベルコ建機
金津 守	コマツ
山崎 忍	清水建設
村上 誠	新キャタピラー三菱
宮崎 貴志	竹中工務店
銅冶 祐司	東亜建設工業
中山 努	西松建設
森本 秀敏	日本国土開発
斉藤 徹	NIPPO
吉越 一郎	ハザマ
三柳 直毅	日立建機
岡本 直樹	山崎建設
庄中 憲	施工技術総合研究所

### 11月号「ロボット・無人化施工特集」予告

- ・ISARCを振り返って
- ・ロボット等によるIT施工システムの開発
- ・在来工法を併用した全自動ビル建設システム
- ・煙突自動除染煉瓦解体ロボット
- ・無人情報化施工を目指して—水中3D測量と自律航行船の融合—
- ・災害復旧における遠隔操作ロボットの出勤事例
- ・レスキューロボットの展望

## No.680 「建設の施工企画」 2006年10月号

(定価) 1部840円(本体800円)  
年間購読料9,000円

平成18年10月20日印刷

平成18年10月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 小野 和日児

印刷所 株式会社技報堂

## 発行所 社団法人日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話 (03) 3433-1501; Fax. (03) 3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話 (0545) 35-0212
北海道支	部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西 2-8	電話 (011) 231-4428
東北支	部 〒980-0802 仙台市青葉区二日町 16-1	電話 (022) 222-3915
北陸支	部 〒950-0965 新潟市新光町 6-1	電話 (025) 280-0128
中部支	部 〒460-0008 名古屋市中区栄 4-3-26	電話 (052) 241-2394
関西支	部 〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4	電話 (06) 6941-8845
中国支	部 〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22	電話 (082) 221-6841
四国支	部 〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22	電話 (087) 821-8074
九州支	部 〒810-0041 福岡市中央区大名 1-8-20	電話 (092) 741-9380